

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Návrh robotizace rozebírání forem

Robotics Solution Proposal for Mold Disassembly

Student:

Bc. Jakub Till

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph. D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robotiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jakub Till**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T013 Robotika
Téma: **Návrh robotizace rozebírání forem**
Robotics Solution Proposal for Mold Disassembly

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- 1) Analyzujte současný stav pracoviště pro rozebírání forem ve firmě Vesuvius . Posuďte možnosti robotizace analyzovaného pracoviště.
- 2) Z výsledků této analýzy specifikujte požadavky pro nasazení robotů na pracovišti.
- 3) Navrhněte varianty nasazení různých typů robotů, ve formě dispozičních studií.
- 4) Navržené varianty analyzujte především z hlediska rizik a bezpečnosti práce. Dále proveďte ekonomické zhodnocení jednotlivých variant.
- 5) Na základě těchto analýz, diskutujte použitelnost jednotlivých variant. Pro výběr nejvhodnější varianty použijte hodnotovou analýzu.
- 6) V závěru diplomové práce zhodnoťte dosažené výsledky.

Práci též doložte v elektronické podobě, ve formátu editoru MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. [online] [cit. 2013-11-07]. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace>](http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace)
- [2] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [3] ISO 690. *Bibliografické citace: Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [4] SKAŘUPA, J. *Kreativita a inovační myšlení v konstruování*. [online] 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. [cit. 2013-11-07]. 230 s. ISBN 978-80-248-1717-0. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/files/resources/kreativita_a_inovace.pdf>](http://robot.vsb.cz/files/resources/kreativita_a_inovace.pdf)
- [5] KÁRNÍK, L. *Periferní zařízení RTP*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. 127 s. ISBN 80-248-1221-5.
- [6] PALKO, A , SMRČEK, J. *Robotika, Koncové efekторы pre priemyslné a servisné roboty: Navrhovanie-konstrukcia-Riešenia*. 1.vyd Košice: Edícia vedeckej a odbornej literatury TU v Košiciach, 2004. ISBN 80-8073-218-3.

- [7] KÁRNÍK, L. *RTP – NAVRHOVÁNÍ A PRAKTICKÉ APLIKACE*. [online]. 1. Ostrava, 2012 [cit. 2016-10-26]. Dostupné z: <<http://robot.vsb.cz/file.php/rtp-navrhovani-a-prakticke-aplikace.pdf>>
- [8] Marek, J. a kol; *Konstrukce CNC obráběcích strojů III* [online]. MM Průmyslové spektrum ; ISBN 978-80-260-6780-1 Dostupné z: <<http://www.mmspektrum.com/konstrukce-cnc-obrabecich-stroju.html>>

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.**

Konzultant diplomové práce: Ing. Tomáš Polleč, MBA

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 15.5.2017




.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce, souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách) ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15.5.2017


.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Jakub Till

Adresa trvalého pobytu autora práce: Za Školou 2/2836, Ostrava 3, 70030

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

TILL, J. Návrh robotizace rozebírání forem : diplomová práce. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2017, 102 s. Vedoucí práce: Konečný, Z.

Diplomová práce se zabývá koncepčním návrhem automatizace pro rozebírání forem v rámci stávajícího pracoviště ve společnosti VESUVIUS ČESKÁ REPUBLIKA, a.s., se sídlem na adrese Průmyslová 715, 739 61 Třinec. V teoretické části je uveden rozbor stávajícího karuselového pracoviště, kde uvažováno o automatizaci a také byl popsán objekt manipulace. Dále byl na základě konzultací se zadavatelem sestaven požadavkový list, na jehož základě byly navrženy čtyři varianty řešení. Pro každou variantu byl zpracován základní popis zařízení, popis pracovního postupu, přibližná cenová kalkulace, analýza rizik a závěrečné zhodnocení dané varianty. S využitím kritériální analýzy byla určena optimální varianta, která byla dále podrobněji zpracována v další kapitole. Pro finální koncepční návrh byl vytvořen 3D model. Dále byly navrženy možné bezpečnostní opatření a pokyny pro provoz a údržbu. Součástí přílohy je výkresová dokumentace pracoviště, fotodokumentace objektů manipulace, datasheety robotů a analýzy rizik.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automatizace, automatizace výroby, automatizované zařízení, výrobní linka, průmyslový robot, manipulace, bezpečnost provozu

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

TILL, J. Robotics Solution Proposal for Mold Disassembly : Diploma Thesis. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2015, 102 p. Thesis head: Konečný, Z.

The Diploma thesis deals with the conceptual design of automation for the disassembly of forms within the existing workplace at VESUVIUS ČESKÁ REPUBLIKA, a.s., with its registered office at Průmyslová 715, 739 61 Třinec. In the theoretical part there is an analysis of an existing carousel workplace where automation was considered and the object of manipulation was described. Furthermore, a requirement sheet was prepared on the basis of consultations with the contracting authority. Based on that four possible solutions were proposed. For each variant, a basic description of the facility, a description of the workflow, an approximate price calculation, a risk analysis and a final evaluation of the variant were prepared. Using the value analysis, the optimal variant was determined, which was further elaborated in the next chapter. A 3D model was created for the final conceptual design. Furthermore, possible safety equipment and operating and maintenance instructions were proposed. Part of the attachment are workplace documentation, photo manipulation objects, robot datasheet, and risk analysis.

KEY WORDS

Automatization, automation of production, automated equipment, production line, Industrial robot, handling, safety of operation

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	10
1. Úvod	11
2. Zadání diplomové práce.....	12
2.1 Cíle diplomové práce	12
3. Rozbor zadání	13
3.1 Popis výrobku	13
3.2 Popis výrobního postupu.....	16
3.3 Popis pracoviště	22
3.4 Popis objektu manipulace	23
3.5 Popis transportu objektu manipulace	24
4. Požadavkový list	25
4.1 Popis pracovní činnosti	26
5. Návrh variant	27
5.1 Varianta č. 1.....	28
5.1.1 Výběr zařízení.....	28
5.1.2 Princip provozu	30
5.1.3 Bezpečnost	30
5.1.4 Analýza rizik.....	31
5.1.5 Zhodnocení nákladů	35
5.1.6 Celkové zhodnocení varianty	35
5.2 Varianta č. 2.....	36
5.2.1 Výběr zařízení.....	36
5.2.2 Princip provozu	37
5.2.3 Bezpečnost	37
5.2.4 Analýza rizik.....	38
5.2.5 Zhodnocení nákladů	38
5.2.6 Celkové zhodnocení varianty	39
5.3 Varianta č. 3.....	40
5.3.1 Výběr zařízení.....	41
5.3.2 Princip provozu	42
5.3.3 Bezpečnost	43
5.3.4 Analýza rizik.....	43
5.3.5 Zhodnocení nákladů	44
5.3.6 Celkové zhodnocení varianty	44
5.4 Varianta č. 4.....	45
5.4.1 Výběr zařízení.....	45
5.4.2 Princip provozu	47
5.4.3 Bezpečnost	47
5.4.4 Analýza rizik.....	48

5.4.5	Zhodnocení nákladů	48
5.4.6	Celkové zhodnocení varianty	49
6.	Výběr optimální varianty.....	50
6.1	Seznam kritérií hodnocení	50
6.2	Bodová stupnice hodnocení	50
6.3	Váha významnost	51
6.4	Hodnocení jednotlivých kritérií	51
6.5	Určení významnosti kritérií.....	52
6.6	Určení váhy významnosti	54
6.7	Hodnocení jednotlivých variant	56
7.	Koncepční návrh výsledné varianty.....	59
7.1	Výběr zařízení.....	59
7.2	Popis pracoviště	61
7.3	Princip provozu	65
7.4	Bezpečnost pracoviště	68
7.4.1	Ochranná opatření	68
7.5	Analýza rizik.....	73
7.6	Návrh programování	73
7.7	Zhodnocení nákladů	74
8.	Pokyny pro provoz a údržbu	75
8.1	Pravidla pro údržbu	75
8.2	Informační tabulky.....	76
9.	Legislativa.....	78
9.1	Legislativa v České republice.....	78
9.2	Normy	78
9.3	Struktury bezpečnostních norem.....	79
9.3.1	Normy typu A	79
9.3.2	Normy typu B	79
9.3.3	Normy typu C	80
9.4	Normy související s robotizovanými pracovišti	80
10.	Závěr	81
	Seznam použité literatury	84
	Seznam obrázků	91
	Seznam použitých tabulek.....	93
	Seznam použitých grafů.....	93
	Seznam příloh	94
	Seznam příloh na CD	94
	Seznam přiložených výkresů	94

Seznam použitých zkratek a symbolů

3D		trojrozměrný model
DPH		daň z přidané hodnoty
MPa		megapascaly
kW		kilowatty
kg		kilogramy
mm		milimetry
$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$		metr za sekundu
F	[N]	síla
L_p	[mm]	délka přesunu
Š	[mm]	šířka
D	[mm]	délka
V	[mm]	výška
a	[mm]	strana a
b	[mm]	strana b
c	[mm]	strana c
d	[mm]	průměr
g	[-]	gravitační konstanta
k_o	[-]	Součinitel bezpečnosti
p	[-]	počet znalců
q	[-]	váha významnosti
$\sum (v_i)$	[-]	součet počtu voleb jednotlivých kritérií
MJ	[-]	měrná jednotka
°C		stupeň Celsia

1. Úvod

S přihlédnutím k inovacím v průmyslovém odvětví a zejména k trendu jako je například „Průmysl 4.0“ se výroba ve velké míře automatizuje. Mezi další faktory, které pomáhají růstu automatizace ve strojírenském sektoru, patří kladení důrazu na stále větší produkci za stále nižší čas, zefektivňování výroby a minimalizování chybovosti lidského faktoru.

Ve 21. století jsou prostředky automatizace základními kameny téměř pro každou sériovou výrobu. Právě automatizace, v podobě kontrolních systémů, zajišťuje kontrolu nad mechanickými prvky výroby. Dále, na rozdíl od lidí, značně zjednodušuje, zrychluje výrobní proces – je možné pracovat bez přestávky a neúnavně vykonávat stále stejné úlohy a snižuje chybovost, působením lidského faktoru. Kontrolní systém ovšem vyžaduje příslušnou údržbu v podobě specialistů, jakými jsou seřizovači a programátoři. Aplikace automatizace je proto určena především pro sériovou a hromadnou výrobu, s třísměnným provozem, nebo dále v úlohách zdraví škodlivých, nebo i životu nebezpečných.

Implementace automatizace, do výrobního závodu, sebou komplexně přináší řadu následujících výhod:

- zvýšení produktivity,
- zvýšení efektivity a konkurenceschopnosti,
- snížení času výroby a prostojů,
- zvýšení výnosů,
- úspory pracovních sil, zlepšení pracovního prostředí a hygieny,
- zvýšení bezpečnosti na pracovišti.

Se zavedením automatizace do výroby je ovšem spojeno také několik následujících nevýhod:

- relativně velké pořizovací náklady,
- pravidelná údržba, případné zaškolení pracovníků,
- zdlouhavá reakce při náhlých haváriích.

[1] [2]

2. Zadání diplomové práce

Návrh zautomatizování rozebírání forem je zadáno společností VESUVIUS ČESKÁ REPUBLIKA, a.s., se sídlem na adrese Průmyslová 715, 739 61 Třinec. Toto české zastoupení se zabývá výrobou keramických nálevek. Stávající operace v podobě přemístění formy je zajištěno manuálně operátorem, který musí každou formu sejmout z výrobku a přenést k příslušnému stanovišti, podle pracovního postupu.

Společnost má tendenci výrobu zefektivnit a případně převést své zaměstnance na jiné, nově vznikající pracoviště. Primárním důvodem je usnadnění manipulace operátorů a zlepšení jejich ergonomie. Ti musí formy pokládat na zem a v dalším kroku je zvedat a přenášet na určenou pozici. Jedná se o náročnou a jednotvárnou práci. Zároveň firma usiluje o snižování nákladů na vyráběné součásti, což je sekundární důvod. Terciálním důvodem je případně zvýšení podílu přidané hodnoty práce člověka.

2.1 Cíle diplomové práce

Cílem této diplomové práce je navrhnout automatizované pracoviště s využitím průmyslového, nebo spolupracujícího robotu, který bude obsluhovat stávající karuselové pracoviště. Struktura musí být schopna přemístit 6 různých typů forem z odběrného místa do výchozího místa.

Je tedy nutno navrhnout optimální řešení pracovní úlohy, výběr vhodného manipulátoru s ohledem na požadavky firmy. U každé formy bude popsáno a navrženo vhodné místo úchopu.

Celková výsledná práce bude obsahovat následující body:

- ergonomičtější pracovní prostředí pro operátory pracoviště,
- racionalizace výroby, jednodušší a rychlejší proces,
- návrh koncepce pracoviště,
- výběr průmyslového robotu,
- návrh pracovní úlohy,
- bezpečnostní řešení pracoviště,
- rizikovou analýzu včetně navržených opatření pro snížení rizik,
- ekonomické zhodnocení celého projektu,
- návrh způsobu řízení pracoviště,
- zhotovený 3D model.

3. Rozbor zadání

Stávající výrobní, karuselové pracoviště, které zahájilo svůj provoz v roce 2013, slouží pro výrobu speciálních keramických dílců, které se používají při kontinuálním odlévání.

Výrobky po lisování jsou dopravovány po válečkové trati k „závěrečné části“ karuselového pracoviště. Zde jsou operátorem sejmuty stahovacími pásky a forma, neboli také vak, je sejmuta z výrobku. V dalším kroku je forma ručně dopravena k příslušnému, výchozímu stanovišti a celý proces se opakuje.

3.1 Popis výrobku

Významným produktem českého zastoupení společnosti VESUVIUS ČESKÁ REPUBLIKA jsou již zmíněné speciální keramické nálevky (obrázek 3.1). Tento produkt je využíván v hutním průmyslu, kde se v ocelárnách používá při tzv. kontinuálním způsobu odlévání (obrázek 3.2).



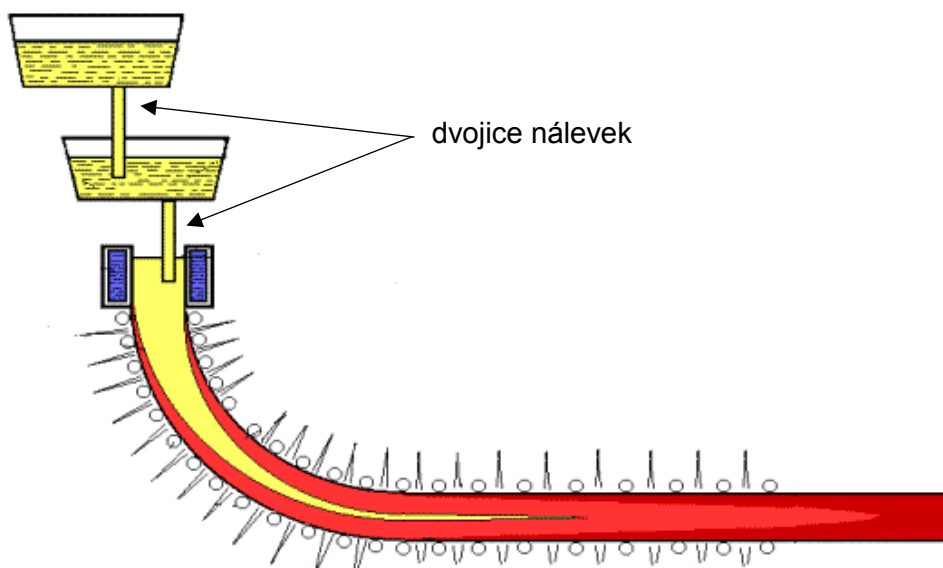
Obrázek 3.1: Keramické nálevky

Výrobky jsou určeny pro stejnou operaci, ovšem odlišují se svým tvarem a jinak se chovají při průtoku oceli. Všechny jsou vyrobeny z práškových směsí, půdního původu, jako například zirkonium, aluminium a směsi z křemíků. Všechny tyto části se sypou do určených forem.



Obrázek 3.2: Kontinuální odlévání [5]

Nálevky tvoří ochranu a regulaci průtoků oceli, která proudí z pánve do mezipánve. Navíc se využívá i při průtoku do dalšího zařízení, vodou chlazené formy, neboli krystalizátoru (obrázek 3.3).



Obrázek 3.3: Umístění nálevek v rámci zařízení
pro kontinuální odlévání [6]

Na obrázku 3.4 je znázorněno použití nálevek za provozu kontinuálního odlévání, kde tvoří zmíněnou ochranu a regulaci průtoku.



Obrázek 3.4: Pozice nálevek po startu odlévání [7]

Na začátku výrobního procesu je vybráno příslušné ocelové jádro, které tvoří vnitřek výrobku – trubici. Na něj nasazen patřičný flexibilní vak, který tvoří vnějšek. Do takto připravené a upevněné formy se nasypou práškové směsi.

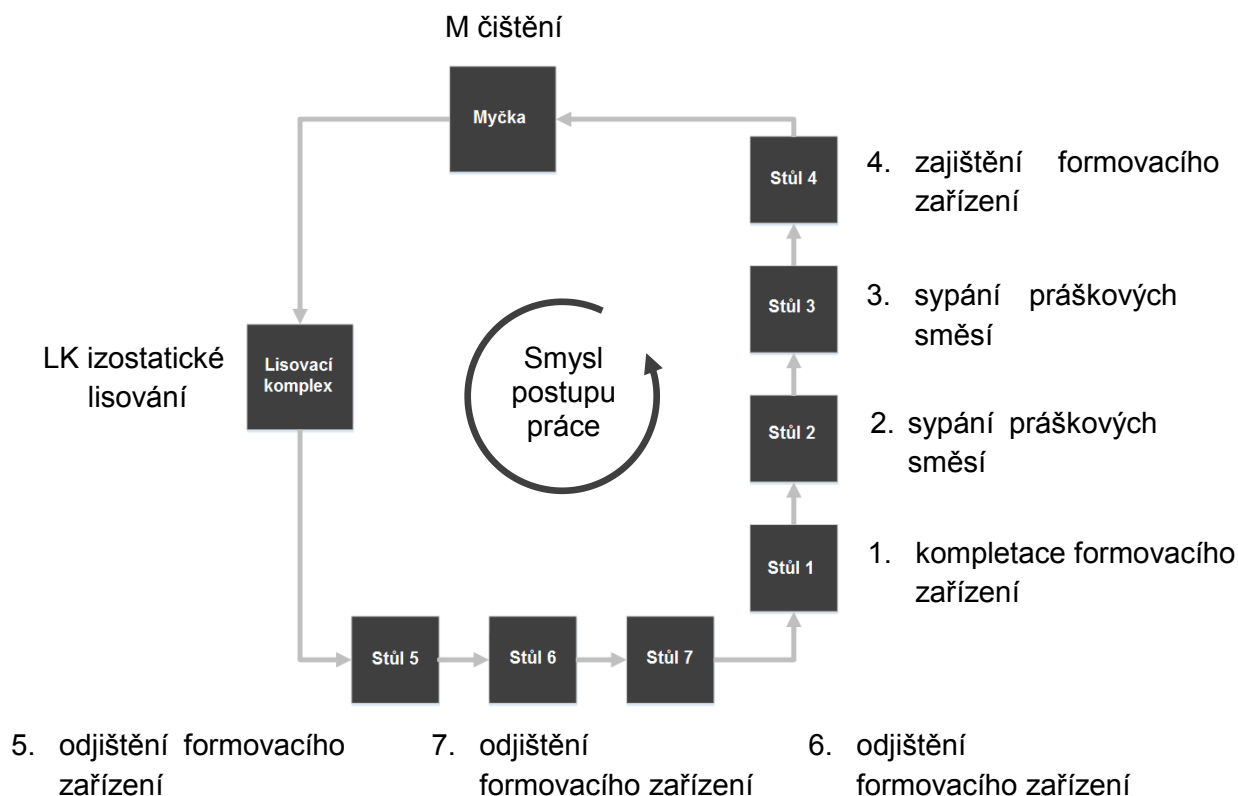
Celý komplet, v dalším kroku, putuje do lisu. Zde se izostaticky lisuje, po určitou dobu. Výsledkem je, že výrobek má určitou relativní tvrdost, ale i přes to je stále plasticidní. Následující operací je proto vytvrzení směsi, za předepsané teploty a intervalu, v pecním úseku linky. V rámci této operace dojde také k vytěsnění plyných a těkavých látek. Po dokončení vytvrzovací fáze dojde k získání mechanické stálosti materiálu.

Následnou operací je vypálení výrobku ve vypalovací směsi. Při tomto procesu, který je srovnatelný s vypalováním cihel, výrobek získá své finální mechanické vlastnosti. Vypalování probíhá za teploty 1500 stupňů po dobu šesti hodin. Jelikož se jedná o výrobky, které budou montovány na výtokové části licích zařízení, je nutné dodržet předepsané požadované rozměry. Z toho důvodu se nálevky navíc obrábí.

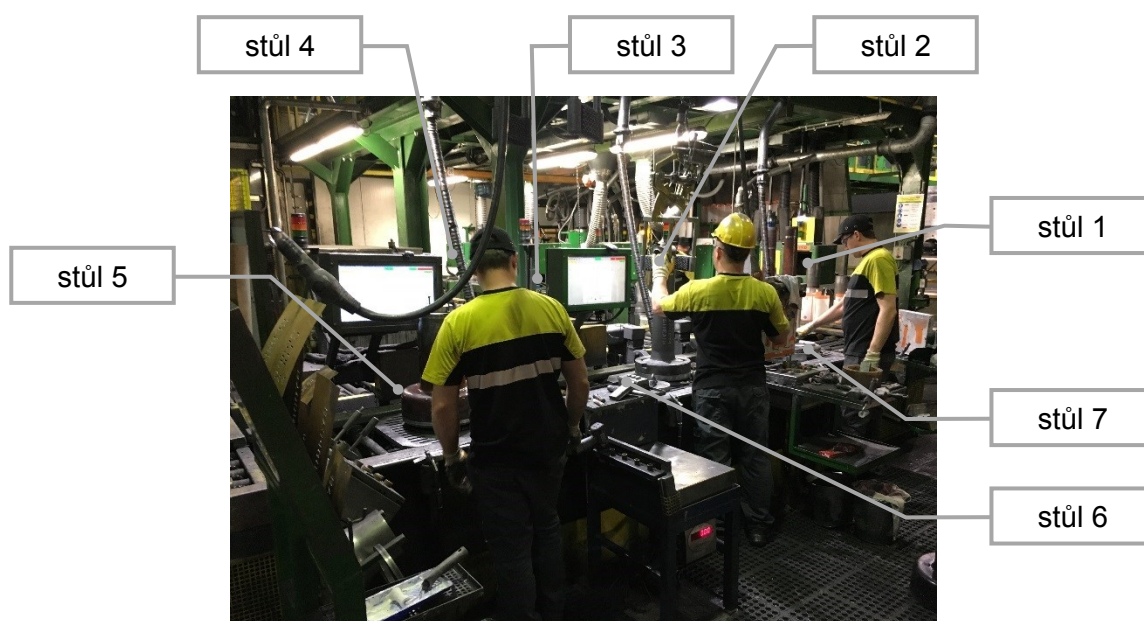
Poslední operací při výrobě je močení výrobků do speciálních, ochranných glazur. Vzhledem k tomu, že výrobky jsou keramické, jedná se o důležitou část výroby. Ochranné glazury chrání povrch výrobku proti velkým tepelným šokům a velkému tepelnému zatížení.

3.2 Popis výrobního postupu

Výroba začíná na stanovištích č. 1 až č. 4, označovaný jako „sypací stoly“. Na pracovišti č. 1 operátor provede sestavení formovacího zařízení. To se skládá z ocelového jádra, které tvoří vnitřek výrobku (trubici) a flexibilního, pryskyřicového vaku, který tvoří vnějšek výrobku.



Obrázek 3.5: Schématický náčrtek pracoviště



Obrázek 3.6: Pohled na rozebírací stoly

Podle typu výlevky provede tentýž operátor nasypání práškové směsi do zařízení, dle předepsaných postupů a pravidel (obrázek 3.7). V dalším kroku je vak zajištěn stahovacími pásky proti nechtěnému pohybu vůči jádru (obr 3.8). Konečnou operací je zhutňování směsi pomocí vibračního stolu.



Obrázek 3.7: Sypání práškové směsi do jádra formy



Obrázek 3.8: Zajištění již nasazeného svrchního vaku

Takto připravená forma, částečně obsahující práškovou směs, je dopravena k pracovišti 2. Na této pozici je druhým operátorem postupně doplněna další směs. Poslední fází tohoto stanoviště je opět zhutňování směsi pomocí vibrací.

Pracovní postup u pracoviště 3 je obdobný s předchozím stanovištěm. I zde probíhá sypání směsi operátorem. Důvodem pro rozdělení procesu sypání směsí do forem, na 4 stanoviště, je jejich odlišnost. Dalším důvod je také časový limit, který musí být dodržen pro správný chod pracoviště.

Posledním stanovištěm, na kterém se výrobek dostává do kontaktu s operátorem, ještě před automatickou částí karuselové linky, je pracoviště číslo 4. Zde pracovník provede nasazení stahovacích pásek a utáhne je kolem flexibilního vaku.

V dalším kroku je celý komplet dopraven do mycího zařízení. Zde je tlakem vody vak očištěn od nechtěných nečistot a přebytečné práškové směsi, která se z předchozích procesů mohla na vaku usadit. Tento proces je nutný z důvodu citlivosti izostatického lisu na nečistoty z výroby.

Z mycího automatu je komplet transportován do, již zmíněného, lisu. Lisovací komplex využívá principu izostatického lisování tzn., že je odstraněno vnější tření, dochází k přenosu tlaku 5000 psi přes flexibilní vak na výrobek. Ten po procesu vykazuje rovnoměrnou hustotu. Zmiňovaný lis je vybaven, dvouklecovým, automatickým dopravním výtahem (obrázek 3.9).

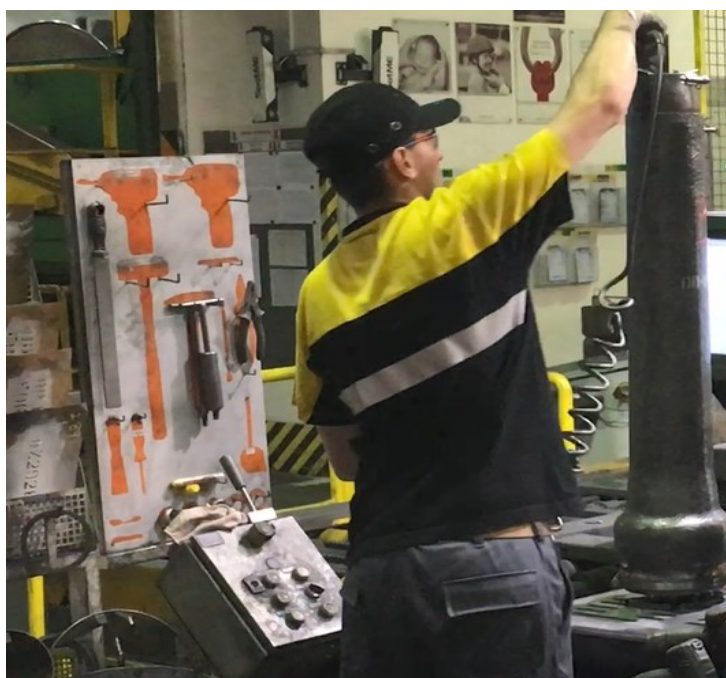
[3]



Obrázek 3.9: Lisovací komplex

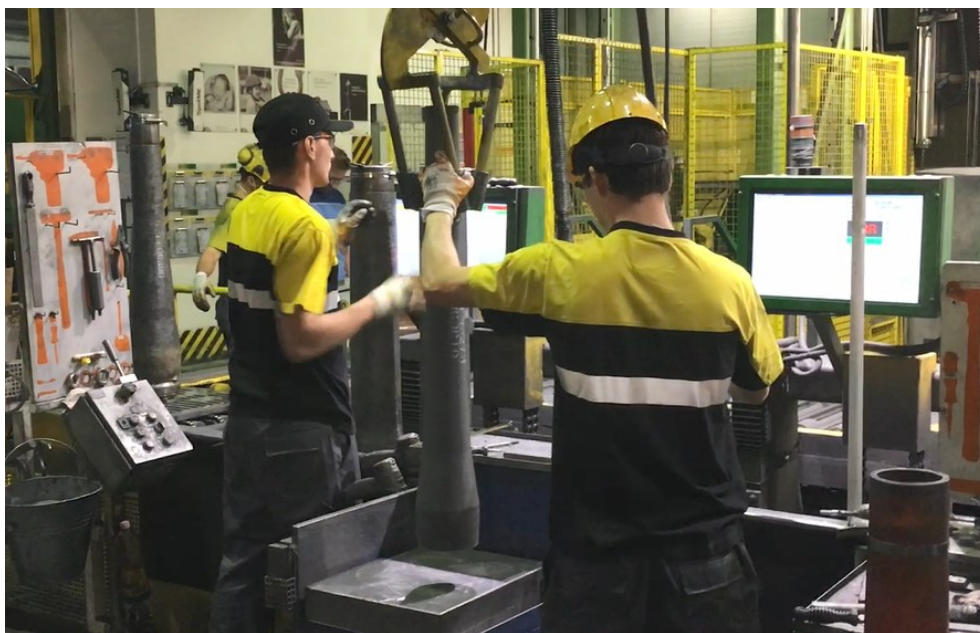
Lisovací systém pravidelně odebírá z dopravníků segmenty, s upevněným formovacím zařízením, a převáží je do pracovního prostoru lisu, který je pod úrovní podlahy. Po dokončení procesu, výtah vyveze segment na úroveň dopravníku a zde potom pokračuje k dalšímu stanovišti.

Stanoviště 5 až 7 jsou označovány jako rozebírací stoly. Na pracovišti číslo 5 operátor ofouká, dopravený komplet, stlačeným vzduchem, z důvodu nutnosti osušení svrchního pláště flexibilního vaku (obrázek 3.10). Při rozebírání je totiž nutné dbát na to, aby se voda nedostala do formy, kde by se potom mohla dostat do kontaktu s práškovou směsí. Následně operátor, pomocí akumulátorového šroubováku, povolí stahovací pásky vaku, který je z přípravku sejmout a přemístěn ke správnému pracovišti.



Obrázek 3.10: Zbavení forem přebytečné vody

V rámci šestého stanoviště je využito „malého“ portálového jeřábu, který zde manipuluje s finálními výrobky do maximálně 50 kilogramů. Operátor navede jeřáb na uchycení výrobku tak, že je místo háku připevněný manipulační klešťový mechanismus s měkčenými kontaktními plochami. Ten je využitý z důvodu větší citlivosti nevytvrzené keramiky, na působení vnějších sil (obrázek 3.11). Obsluha poté na zvednuté nálevce obrousí, brusným papírem, podstavnou plochu a navede ji na kontrolní váhu. Jedná-li se o složitější typ výrobku, je vak sejmут až na tomto pracovišti.



Obrázek 3.11: Jeřábová manipulace s výrobkem

Výroba na pracovním stanovišti číslo 7 je závislá na aktuálním plánu výroby. Protože v sortimentu firmy je, jak již bylo zmíněno, celkem šest typů nálevek. Pokud se tedy jedná o typ, jehož výroba je složitější a zdlouhavější, započne výroba již na tomto stanovišti, nikoliv až na stanovišti číslo 1. A celý děj se znovu opakuje.

Pracovní cyklus karuselového pracoviště je taktován na dobu 144 sekund. Za tento časový interval se tedy pracoviště posune o jeden krok vpřed. Přesun výrobků je zajištěn pomocí válečkové trati. Na těchto dopravnících jsou dopravovány segmenty, na kterých je zařízení kompletováno (obrázek 3.12).



Obrázek 3.12: Formovací zařízení na segmentu

Výrobní úsek je kontrolován řídicí jednotkou PLC. Průmyslový počítač zde řídí automatický cyklus krokování linky a dále je využíván pro kontrolu procesů v reálném čase. Segmenty pojezdu jsou vybaveny RFID čipy, které slouží pro bezdrátovou identifikaci, bez přímé viditelnosti. Každé pracovní stanoviště je vybaveno RFID čtecím zařízením, které stanoví, o jaký výrobek se přesně jedná a zobrazí operátorovi potřebný pracovní postup, spolu s výkresem dané součásti. Programovatelný průmyslový počítač tak zajišťuje chod celého procesu a v reálném čase monitoruje pozici každého segmentu a typ jeho výrobku. [4]

Řazení výroby nálevek je rozděleno do sekvencí, různě za sebou, pro správnou a efektivní vytíženost linky. A také dle aktuální poptávky. V jednom okamžiku je rámci pracoviště cca 13-14 segmentů. Z toho za sebou jsou maximálně dva stejné.

Komplex pracuje v nepřetržitém třisměnném provozu, pět dní v týdnu (vyjma víkendů). S osmihodinovou pracovní dobou. V rámci jedné směny pracuje na lince 7 pracovníků. Každý u svého pracovního stolu.

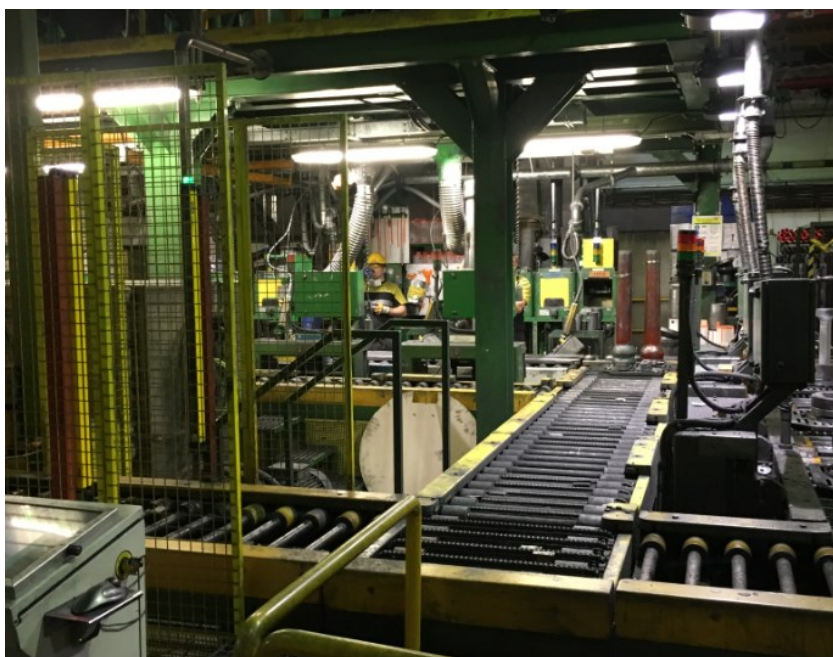
Z důvodu vyšší koncentrace práškové směsi je hala vybavena kontrolními přístroji pro snímání teploty a vlhkosti. Navíc jsou instalovány klimatizační jednotky. Teplota pracovního prostředí se zde tedy pohybuje od 18 do 22°C.

3.3 Popis pracoviště

Základem stávající linky jsou válečkové dopravníky. Ty slouží pro dopravování segmentů mezi jednotlivými pracovišti. Jedná se o poháněné válečkové tratě, jejichž pohyb je kontrolován řídicím počítačem.

Všechny pracovní úkony prováděné operátory jsou vykonávány na polohovatelných stolech. Podle RFID kódu čtečka rozpozná typ výrobku a podle toho upraví výšku stolu. Díky tomuto je zajištěna lepší ergonomie při pracovním úkonu, který tak probíhá v ideální výšce. Stoly jsou navíc vybaveny monitorem, a tak je operátorovi zobrazen výkres, včetně pracovního postupu, vždy podle aktuálního daného výrobku.

Nad úrovní pracoviště je umístěna tzv. platforma. Jedná se o bytelnou ocelovou konstrukci, neboli plošinu. Na ní je umístěn systém pro skladování směsí, který je využíván pro přípravu obsahu formovacího zařízení. Tato platforma je umístěna na sloupech profilu I (obrázek 3.13). Základna je rovněž vyrobena z I profilů. Nachází se ve výšce přibližně 2500 mm nad válečkovými drahami.



Obrázek 3.13: Pohled na vybavení pracoviště

Možnosti robotizace pracoviště jsou popsány v následujících kapitolách.

Výkres č. 1 – Schéma pracoviště a výkres č. 2 – Schéma platformy, doručené zadavatelem, jsou součástí přílohy diplomové práce.

3.4 Popis objektu manipulace

Jak již bylo výše uvedeno, určeným objektem manipulace (dále jen „OM“) této diplomové práce je flexibilní, pryskyřicový vak, který tvoří vnější vak výrobku. Vaky nejsou křehké nebo jinak náchylné při transportu. Jejich hmotnost se pohybuje do 20 kilogramů.

[57]

Z důvodu různorodosti výrobků je celkem využíváno celkem 6 vaků viz obrázek 3.14 níže. Jeden z vaků se liší pouze nepatrně, proto není na fotografii uveden.



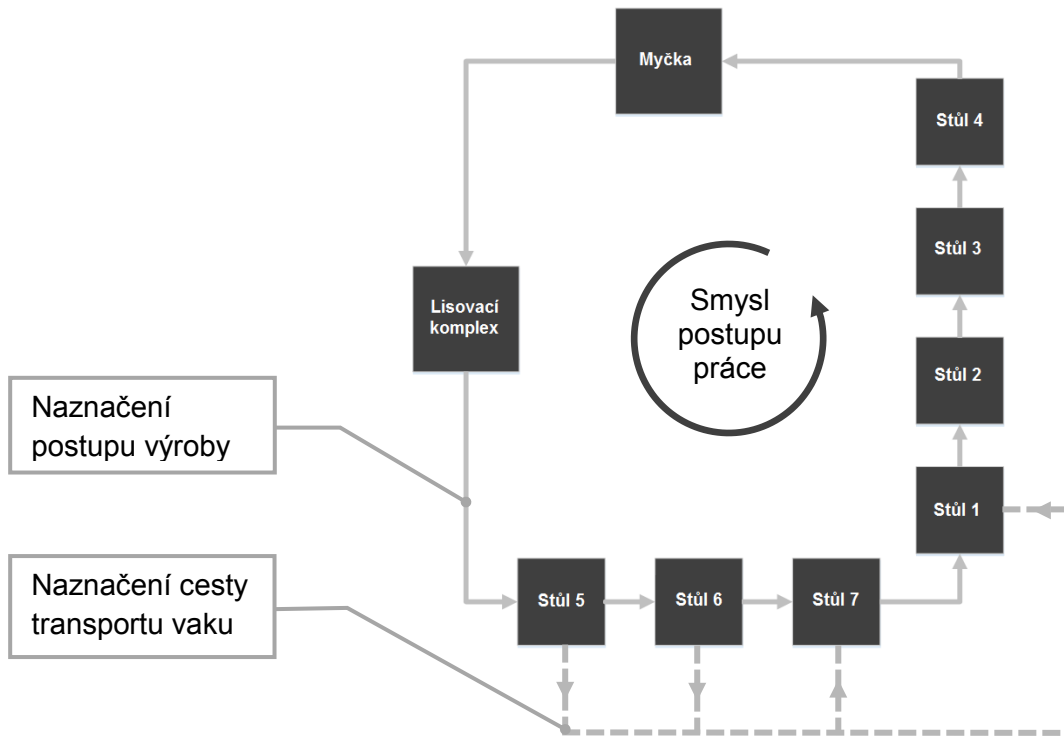
Obrázek 3.14: Flexibilní vaky s naznačenými místy pro úchop

Pro zajištění úchopu bude využito úchopového efektoru pro průměry vaků od 90 mm po 280 mm. Na obrázku výše jsou naznačeny místa úchopu každého vaku.

Jednotlivé typy vaků, včetně jejich rozměrů, jsou uvedeny v příloze A: fotodokumentace flexibilních vaků.

3.5 Popis transportu objektu manipulace

Z předcházejících kapitol je patrné, že operátor přenáší vaky – objekty manipulace – z příslušného stolu, v rámci úseku rozebíracích stolů (stůl č. 5 nebo stůl č. 6), ke stolům „sypacím“ (stůl č. 7, případně stůl č. 1) viz obrázek 3.15 níže. Číslo stolu, odkud je vak přenášen a rovněž číslo stolu pro doručení vaku je odvislý na typu výrobku. Tento přesun pracovník provádí každý jeden takt linky.



Obrázek 3.15: Naznačení principu transportu

Je tedy nutné zajistit automatizovaný transport vaku robotem, na základě naznačeného principu. Z důvodu neurčité sekvence řazení vaků musí být použit mezioperační sklad. Do toho budou vaky ukládány a ve správném pořadí poté odebírány.

4. Požadavkový list

Cílem této diplomové práce je navrhnout vhodné varianty na základě několika níže uvedených požadavků. Dosavadní manipulace je zajištěna operátory linky. Pro zlehčení práce a zlepšení ergonomie je nutné zajistit automatickou manipulaci s vaky.

Obecné požadavky kladené na zařízení.

▪ Činnost	manipulace s vaky
▪ Pořizovací náklady	minimalizovat
▪ Hmotnost	minimalizovat
▪ Odolnost vůči pracovnímu prostředí	maximalizovat
▪ Použití	pracovní hala
▪ Spotřeba energie	minimalizovat
▪ Snadný přístup pro mazání a servis	splnit
▪ Jednoduchá konstrukce	splnit
▪ Energie	elektrická
▪ Stupeň automatizace	plně automatizované pracoviště
▪ Bezpečnost	maximalizovat
▪ Tuhost konstrukce	splnit
▪ Stupeň krytí	IP44
▪ Pracovní doba	osmi hodinový cyklus
▪ Pracovní režim	třísměnný pracovní provoz

Požadavky kladené na efektor.

▪ Dostatečné úchopné síly	splnit
▪ Uzpůsobení efektoru formám	splnit

4.1 Popis pracovní činnosti

Navržený manipulátor je určen pro transport, již zmíněných, flexibilních vaků, a to z posledních pracovišť, č. 5 a č. 6, na začátek výroby. Segmenty s komplety dorazí každých 144 sekund. Jelikož linka vyrábí několik typů výrobků, jejich přísun je v neurčité sekvenci (obrázek 4.1).



Obrázek 4.1: Příklad běžného provozu linky

Manipulátor v součinnosti s řídicí jednotkou rozpozná, o jaký druh výrobku se v daném kroku jedná a určí správné místo dotyku. Zde potom klešťový efektor uchopí objekt manipulace a přenesení jej na požadovanou pozici.

Manipulátor po příjezdu segmentu vykoná následující úlohy:

1. příjezd manipulátoru, z výchozí polohy, k objektu manipulace na příslušném rozebíracím stole (stůl č. 5, případně stůl č. 6), přiblížení efektoru k místu uchycení,
2. uchycení OM,
3. přemístění OM do mezioperačního zásobníku,
4. upuštění OM,
5. přiblížení manipulátoru k OM, v mezioperačním zásobníku, určeného pro přesun k příslušnému „sypacímu“ stolu (stůl č. 7, případně stůl č. 1), přiblížení efektoru k místu uchycení,
6. uchycení OM,
7. přemístění OM k příslušnému „sypacímu“ stolu,
8. upuštění OM,
9. přesun do výchozí polohy.

5. Návrh variant

V rámci této diplomové práce jsou navrženy čtyři varianty řešení transportu forem robotickými strukturami. Každá z variant je odlišná svou koncepcí, ale podstata přesunu formy je u všech stejná.

Všechny navrhnuté varianty vycházejí ze stávajícího karuselového pracoviště. Další podobností všech variant je nutnost využití mezioperačního zásobníku, pro správnou posloupnost při výdeji forem.



Obrázek 5.1: Stávající karuselové pracoviště

Z důvodů zachování dispozice stávajícího pracoviště a úspoře místa je uvažováno, u několika variant, s obráceným upevněním ke stropu platformy, nacházející se nad linkou.

Jelikož druhy výrobků, vyráběny na těchto pracovištích, jsou za sebou řazeny dle aktuálního výrobního plánu a tedy neurčitě, je nutné zajistit odkladné místo. Odkladná plocha, nebo také zásobník, je umístěn v blízkosti manipulátoru. Na toto místo budou odkládány formy od rozebíracích pracovišť, které budou ve správném pořadí poté odebírány a přemísťovány na „sypací“ pracovní stanoviště.

K uchycení flexibilního vaku slouží úchopná hlavice – efektor. V tomto případě se jedná o úchopový efektor, který umožňuje uchopení a uvolnění předmětu. Efektor je navíc doplněn o čelisti, které budou vyrobeny ze silikonové pryže (označení NR), pro zajištění nekluzného kontaktu.

[8]

5.1 Varianta č. 1

Základním prvkem, první varianty řešení, je angulární, průmyslová, robotická struktura. Tyto skupina robotů je nasazována ve výrobních procesech. Průmyslové roboty jsou většinou implementovány do výrobních pracovišť, kde se jedná o velkoobjemovou výrobu. Vzhledem k relativně velkým nosnostem a pracovním rychlostem je nutné zajistit dostatečnou bezpečnost okolo pracovního prostoru robotu.



Obrázek 5.2: Průmyslový robot M-710iC/50T [9]

5.1.1 Výběr zařízení

Pro potřeby varianty č. 1 byl vybrán robot M-710iC/50T od japonské společnosti FANUC, která má v České republice své zastoupení: FANUC Czech s.r.o.

Tato inovativní řada lehkých robotů se vyznačuje štíhlým zápěstím, tuhým ramenem a malými nároky na prostor. Pro svou vysokou rychlost os je mimořádně hbitý. Jedná se o nejlehčí typ, s vrchní montáží, v řadě. I navzdory tomu je schopen manipulace s užitečným zatížením až 50 kg. Poskytuje široké možnosti montáže, šetří prostor a vyznačuje se mimořádně dobrou opakovatelností. Má dostatečnou délku ramene, aby mohl dosáhnout potřebných poloh.

Jak již bylo zmíněno, jedná se o typ robotu se svrchní montáží. Ty lze upevnit na kolejnici pod úhlem 90° nebo v obráceném upevnění podle lineární osy (obrázek 5.2). Proto se výborně hodí do prostředí s omezenou podlahovou plochou nebo se sníženou výškou stropu. [10]



Obrázek 5.3: Svrchní montáž robotu M-710iC/50T [11]

Díky vysokorychlostním osám a přesným a robustním specializovaným reduktorům a motorům poskytuje robot M-710 vynikající výkon a jedinečnou spolehlivost a opakovatelnost ($\pm 0,07$ mm).

O řízení robotu se stará řídicí jednotka R-30iB (obrázek 5.3), ta byla navržena s cílem zjednodušit ovládání a co nejvíce omezit spotřebu energie. Výkonná jednotka PMC integrovaná do řídicí jednotky R-30iB má přístup k celému I/O systému robotu. Lze tedy snadno ovládat periferní zařízení, aniž by to mělo negativní vliv na výkon robotu. [12]



Obrázek 5.4: Řídicí jednotka R-30iB [13]

Základní informace a parametry průmyslového robotu M-710iC/50T jsou uvedeny v příloze B: datasheet průmyslového robotu M-710iC/50T

5.1.2 Princip provozu

Průmyslový robot je upevněn k distančnímu podstavci. Ten tvoří ocelový svařenec. Horní, upínací plocha je opracována do roviny. Spojení robotu s podstavcem je zajištěno šrouby. Pro správné vystředění, pro případ opakované montáže, slouží dvojice kolíků. Podstavec je upevněn ke stropu platformy pomocí šroubů.

Řídící jednotka je umístěna v prostoru vedle linky a kabelové spojení je vedeno po podlaze a po sloupu platformy k průmyslovému robotu. Skříň je přišroubována k zemi kotevními šrouby.

Operátor umístí formu na určené zabezpečené místo. Otevře si proto dvířka, po vytažení je opět uzavře. Systém následně vyhodnotí prostor jako bezpečný a dovolí manipulátoru vykonat předepsanou úlohu a přesunout formu do zásobníku. Robot přesune další vak ze zásobníku do obdobného zabezpečeného místa, nacházejícího se na začátku pracovní linky. Zde operátor, otevře dvířka, vak vyjme a opět zavře. Dvířka budou vybaveny bezpečnostními zámkami a senzory.

5.1.3 Bezpečnost

Vzhledem k rychlostem a zrychlením, které jsou schopny současné průmyslové roboty dosáhnout a silové účinky, s nimiž dokážou působit na své okolí, je nutné roboty zařadit do skupiny zařízení s vyšším stupněm nebezpečnosti a tomu je potřeba podřídit zabezpečení pracoviště.

Proto u této varianty je nutné zamezit kontaktu obsluhujícího operátora a robotu. Z toho důvodu bude nutné část pracoviště, kde bude působit akční rádius robotu, zabezpečit. Jednak bude nutné využít pasivních bezpečnostních prvků, tj. bezpečnostního oplocení. A potom i aktivních prvků, jako například optoelektronická zařízení apod.

Operátor, u této varianty, bude formu vkládat na připravené místo, které bude moci být po vložení uzavřeno a zajištěno. Tak bude zamezeno kontaktu operátora s robotem.

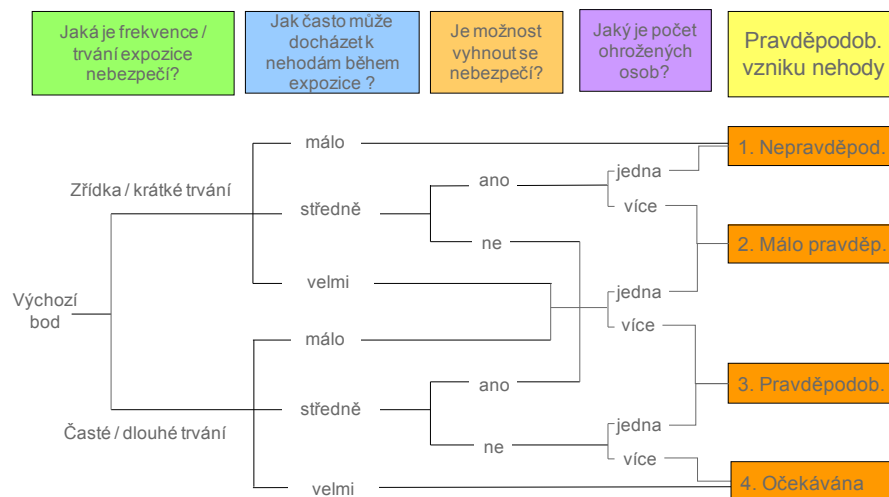
Pracoviště bude vybaveno tlačítky STOP, které obsluha využije v případě nutnosti zastavit práci, nebo při hrozícím nebezpečí. Pracoviště bude krom toho vybaveno, pro lepší přehlednost, tříbarevným signalizačním majákem (červená: selhání, nouzové zastavení nebo porucha, žlutá: varování, přehřátí, blikající žlutá: testovací provoz, zelená: provozní režim)

5.1.4 Analýza rizik

Jedná se o řadu logických kroků, které systematickým způsobem zjišťují všechna rizika na daném posuzovaném systému. Z důvodů, že problematika krizového managementu je značně složitá a rozsáhlá, navíc s velkým množstvím jednotlivých prvků spolu s jejich vazbami, nelze použít univerzální metodu analýzy rizik. Jelikož neexistuje univerzální metoda pro provedení analýzy rizik, je nutné pro každé individuální použití určit optimální metodu. Ve většině případů se ovšem různé metody, nebo jejich části, kombinují. [14]

V rámci analýzy rizik pro implementaci navrhovaných řešení této diplomové práce je použita bodová metoda s kombinací FMEA analýzy. Dle této metody se posuzuje příslušné riziko v jeho, několika složkách. Následně je soubor všech složek vyhodnocen celkovou mírou počátečního rizika. [14] [15] [16]

Určení pravděpodobnosti vzniku nehodové události je prvním z faktorů, které ovlivňují hodnotu rizika. Rozsah hodnot je od „nepravděpodobné“ až „očekávané“. Míra pravděpodobnosti je vypočtena z dílčích složek (obrázek 5.5), které po vzájemné kombinaci vytvoří danou strukturu, která je rozhodovacím kritériem pro volbu míry pravděpodobnosti vzniku nehody. [17] [56]



Obrázek 5.5: Rozhodovací kritéria pro volbu míry pravděpodobnosti vzniku nehody [17]

Míra pravděpodobnosti je určována z těchto složek:

1. frekvence (trvání) expozice nebezpečí – dělí se na hodnoty „zřídka/krátké trvání“ a „časté/dlouhé trvání“, dle doby, kdy je zdroj rizika aktivován.
2. Určení, jak často může docházet k nehodám během expozice – může nabývat hodnot „málo“, „středně“ a „velmi“. Tímto je vyjádřeno, zdali po přiblížení k aktivnímu zdroji rizika může docházet k přenosu jeho negativního působení na člověka a v jaké četnosti.
3. Zvážení, zdali je možné se nebezpečí vyhnout, či ne – v případě, že vznik nehodové události a přenos na exponovanou osobu (osoby) je věcí mžikovou je zřejmé, že možnost vyhnutí zde není. V případě, že od vzniku nehodové události a přenosu na člověka uplyne čas, kdy je možné zareagovat a jednat tak, aby nedošlo k poškození na zdraví, pak se jedná o případ, kdy je možné se nebezpečí vyhnout.
4. Nadefinování, kolik osob je ohroženo – nabývá hodnot jedna a více. Jde o určení, kolik osob by bylo zraněno při vzniku nehodové události.

V další kroku analýzy je nutné stanovit pravděpodobnou závažnost případné náhody. Možnosti vychází z tabulky níže (tab. 5.1).

Závažnost nehod			Stupeň
Malá	Potřeba poskytnutí první pomoci	Malé oděrky, pořezání, modřiny, podráždění očí prachem, bolest hlavy	1
Střední	Lékařský zákrok a několik dnů absence	Popáleniny, vymknutí	2
Velká	Dlouhodobá nemocenská nebo vážné zranění	Amputace, vážné zlomeniny, otravy	3
Značná	Smrt, způsobení trvalé invalidity nebo nemoci z povolání	Rakovina, rozsáhlé následky, které mohou vést k trvalé invaliditě, nebo smrti	4

Tabulka 5.1: Stupně závažnosti nehod [17]

Vyhodnocení rizikových faktorů je určeno pomocí matice pravděpodobnosti a závažnosti (viz tab. 5.2). Z tabulky je patrné, že čím je vyšší pravděpodobnost vzniku nehodového děje, spolu s jeho závažností, tím je vyšší i hodnota rizika.

Hodnocení rizika				
4. časté	Střední	Značné	Nepřípustné	Nepřípustné
3. pravděpodobné	Střední	Střední	Značné	Nepřípustné
2. málo pravděpodobné	Okrajové (přijatelné)	Střední	Střední	Značné
1. nepravděpodobné	Triviální (přijatelné)	Okrajové (přijatelné)	Střední	Střední
Pravděpodobnost Závažnost	1. malá	2. střední	3. velká	4. značná

Tabulka 5.2: Matice pravděpodobnosti a závažnosti rizika [17]

Na základě zadaných vstupních hodnot je provedeno hodnocení. Výsledkem jsou vypočtené počáteční hodnoty rizik. Podle velikosti počáteční hodnoty rizika se musí přistupovat k příslušným nápravným krokům, dle následující tabulky (tab 5.3).

Hodnota rizika	Typy a naléhavost nápravných opatření
Triviální (přijatelné)	Není třeba provádět žádné opatření a udržovat záznamy.
Okrajové (přijatelné)	Žádné další kontroly nejsou nutné. Podle povahy pracoviště můžeme vyhledávat bezpečnější způsoby řešení.
Střední	Je vyžadováno úsilí pro snížení rizik, ale není jich potřeba dosáhnout za jakoukoliv cenu a v omezeném čase. Opatření by měla být provedena v definovaném čase. V případech, kdy je riziko spojeno s extrémně škodlivými následky, je potřeba další hodnocení pro přesnější určení pravděpodobnosti vzniku škody.
Značné	Práce by neměly začít, dokud nebude riziko sníženo. Pro snížení rizika by měly být vynaloženy patřičné zdroje. Pokud se jedná o kontinuální činnost, daná opatření by měly být přijaty co nejdříve.
Nepřípustné	Práce nemohou pokračovat nebo započít, dokud nebude riziko sníženo. Pokud nejde riziko snížit, je nutné práce zakázat.

Tabulka 5.3: Typy nápravných opatření [17]

Pro minimalizování důsledků počátečních rizik, se používají tzv. nápravná opatření, která se dělí do následujících dvou skupin:

1. technická – tyto nápravná opatření tvoří bariéru přenosu mezi zdrojem rizika a vystavovanou osobou. V praxi to tedy mohou být různé kryty, zámky, senzory a čidla v součinnosti se změnami chodu zařízení. Dále je technickým opatřením odstranění zdroje rizika nebo výměna za méně nebezpečná. Technická opatření mají zpravidla vyšší schopnost snižovat hodnotu daného rizika.
2. Organizační – jedná se o nápravná opatření měnící způsob práce nebo stanovující pravidla v technologických postupech a procedurách, které vedou ke zvýšení bezpečnosti provozu. Organizační opatření zavádíme pouze v případě, že nelze snižovat riziko technicky.

Při přijímání opatření platí zásady priority. To znamená, že přednostně jsou uplatňována opatření kolektivní ochrany, a v případech, kdy to není současnými dostupnými prostředky možné, jsou přijímána opatření individuální ochrany. [17]

Po přijetí příslušných nápravných opatření se hodnota rizika snižuje. Každé nápravné opatření má však jinou schopnost snižovat riziko. Proto je nutné zvážit, zdali je hodnota zbytkového rizika je již přijatelná. V opačném případě je nutné ve snižování rizika pokračovat. [17]

Po vypracování konkrétní analýzy rizik je povinností zaměstnavatele, vyplývající ze zákoníku práce, seznamovat zaměstnance s riziky na daném pracovišti. Proto je nutné zajistit, aby zaměstnanci na všech stupních školeních byli proškoleni a uvědomění o rizicích, kterým jsou vystavováni a jaké jim plynou povinnosti pro provádění bezpečné práce. [17]

Sestavená analýza rizik řešena pro implementaci této varianty řešení je součástí přílohy C: analýza rizik pro variantu č. 1. [18]

5.1.5 Zhodnocení nákladů

Tato sekce se zabývá kalkulací, formou odhadu, všech nákladů spjatých s realizací první varianty, viz tabulky níže (tab 5.4, tab 5.5).

Označení	Název	Počet kusů	Cena(CZK)/MJ
1	PR FANUC M-710iC/50T	1	1 174 500
2	ŘJ FANUC R-30iB	1	(již v ceně robotu)
3	Kabely		15 000
4	Podstavec	1	5 000
5	Spojovací materiál		1 500
6	Bezpečnostní prvky (pasivní)	1	80 000
7	Bezpečnostní prvky (aktivní)	1	60 000
8	Efektor, čelisti	1	200 000
9	Programování	1	120 000
10	Analýza rizik	1	15 000







Tabulka 5.4: Náklady varianty č.1

Název	Cena(CZK)/MJ
Celkové náklady	1 671 000

Tabulka 5.5: Celkové náklady varianty č.1

5.1.6 Celkové zhodnocení varianty

Podstatou varianty č. 1 je použití průmyslového robotu. To ovšem sebou přináší řadu podmínek a nároku z hlediska bezpečnosti pracovního prostředí. V tabulce níže (tab. 5.6) jsou uvedeny podstatné výhody a nevýhody této varianty.

 Velká rychlost (výkon)	 Velké bezpečnostní riziko
 Spolehlivost	 Velké bezpečnostní nároky
 Pracovní nasazení all-round 24/7	 Havárie (problémy) jsou řešeny techniky, tzn. přerušení výroby

Tabulka 5.6: Vyhodnocení kladů a záporů varianty č.1

5.2 Varianta č. 2

Základem druhé varianty řešení je tzv. spolupracující robot. Jedná se o speciální řadu robotů, které jsou určené pro práci společně s lidmi a nemusí tudíž být v izolaci, na rozdíl od průmyslových robotů. Mohou tedy zaměstnancům ulehčit od monotónních, ergonomicky náročných úloh, které je navíc třeba vykonávat se stále stejnou přesností. Proto dnes robotická ramena například svařují, lepí, šroubují nebo přemisťují předměty a poskytují firmám a zaměstnancům více prostoru vykonávat práce náročné na lidskou zkušenost, manuální zručnost a kreativitu. [19]



Obrázek 5.6: Spolupracující robot FANUC CR-35iA [20]

Moderní spolupracující roboty jsou vybaveny bezpečnostními mechanismy, které umožňují jejich práci ve společném prostoru s lidmi. Jsou například vybaveny senzory síly, které umožňují omezit sílu, pokud robot narazí do předmětu v prostoru, či do člověka. Tyto prvky je možné regulovat a díky tomu tedy nehrozí, že by robot člověka zranil nebo poškodil okolní periférie dané linky.

5.2.1 Výběr zařízení

V rámci této varianty č. 2 byl vybrán robot CR-35iA od japonské společnosti FANUC, která má v České republice své zastoupení: FANUC Czech s.r.o.

FANUC CR-35iA je prvním spolupracujícím robotem, který uzvedne až 35 kg. Může proto manipulovat s relativně těžkými předměty, které museli doposud zvedat lidé. Jak již bylo zmíněno, spolupracující robot nevyžaduje žádné mechanické zábrany a může bezpečně pracovat vedle člověka na výrobních linkách nebo s ním dokonce přímo spolupracovat. Po dotyku člověka se poklidně zastaví. [21]

Více informací je uvedeno v katalogovém listu výrobce v příloze D: datasheet spolupracující robotu FANUC CR-35iA.

5.2.2 Princip provozu

Spolupracující roboty se od ostatních robotů odlišují způsobem montáží. Tento typ totiž umožňuje montáž pouze na podlahu. Z toho důvodu je nutné zajistit dostatek místa uvnitř karuselového pracoviště. V úvahu přichází demontáž nevyužité válečkové trati. Na tomto místě je umístěn podstavec. Ten je, stejně jako u první varianty, vyroben jako ocelový svařenec s frézovanou upínací plochou. Robot je upevněn k rámu šrouby. Podstavec je potom k zemi přišroubován kotevními šrouby.

Řídící jednotka je umístěna do prostoru vedle robotu. Je přišroubována k zemi pomocí kotevních šroubů.

Proces robotu začne v okamžiku, kdy obsluha podá vak, robotu, resp. jej vloží do efektoru. Senzory zjistí přítomnost vaku v efektoru a počítač vydá pokyn k chodu. Robot přemístí vak do odkládacího zásobníku a následně z něj přemístí další vak na příslušné místo u začátku linkového pracoviště.

Pokud by došlo k problému, kdy by obsluha záměrně robota brzdila, nebo omezovala, a ten by pak nestihl úlohu dokončit, linka by musela být zpomalena, nebo případně zastavena. Pro tento případ je řídící jednotka linky propojena s řídícím počítačem robotu.

5.2.3 Bezpečnost

Otázka bezpečnosti není u implementace, spolupracujícího robotu, tak zásadní. Jak již z názvu plyne, a jak již bylo zmíněno, jedná se o robot spolupracující určený pro kontakt s obsluhujícím personálem. Nepotřebuje tak žádné mechanické zábrany. Robot může bezpečně pracovat vedle člověka přímo na výrobní lince, nebo s ním dokonce spolupracovat. Pokud dojde k nárazu do člověka, případně do periférie linky, robot se okamžitě zastaví. V případě, že se robot přiblíží k člověku a ten potřebuje případně více místa, můžete jej snadno odstrčit. [21]

Systém bezpečného zastavení funguje na principu stálého vyhodnocování signálů ze snímačů síly v každé ose. Navíc je nebezpečí úrazu omezené také měkkým pryžovým obložením ramene robotu. Robot je certifikován jako zařízení bezpečného provozu podle EN ISO 10218-1 Roboty pro výrobní prostředí požadavky na bezpečnost Část 1: Robot, který byl robotu udělen certifikační organizací TÜV. Bezpečnostní systém robotu má úroveň bezpečnostních vlastností PL d s kategorií struktury hardwaru 3. [21]

Robot může být vybaven různými funkcemi vidění. Kromě standardní průmyslové periferie je možné instalovat také snímače 3D Area Sensor, které robotu umožňují například sbírat různé typy dílů a podávat je do rukou lidského pracovníka. I při takto úzké spolupráci robota s člověkem je zachována ta nejvyšší bezpečnost práce na pracovišti.

Navíc může být navržený spolupracující robot CR35-iA vybaven různými systémy strojového vidění. Mimo klasických průmyslových kamer je možné dodatečně nainstalovat také systémy pro prostorové vidění, které umožňují robotu například přemísťovat různé typy výrobků a podávat je do rukou pracovníků. [21]

5.2.4 Analýza rizik

Sestavená analýza rizik řešena pro implementaci této varianty řešení je součástí přílohy E: analýza rizik pro variantu č. 2. [18]

5.2.5 Zhodnocení nákladů

Tato sekce se zabývá kalkulací, formou odhadu, všech nákladů spjatých s realizací druhé varianty, viz tabulky níže (tab 5.7, tab 5.8).

Označení	Název	Počet kusů	Cena(CZK)/MJ
1	PR FANUC CR-35iA	1	2 025 000
2	ŘJ FANUC R-30iB	1	(již v ceně robotu)
3	Kabely		15 000
4	Podstavec	1	5 000
5	Spojovací materiál		1 500
6	Bezpečnostní prvky (pasivní)	1	0
7	Bezpečnostní prvky (aktivní)	1	40 000
8	Efektor, čelisti	1	200 000
9	Programování	1	120 000
10	Analýza rizik	1	15 000

Tabulka 5.7: Náklady varianty č. 2

Název	Cena(CZK)/MJ
Celkové náklady	2 421 500

Tabulka 5.8: Celkové náklady varianty č.2

5.2.6 Celkové zhodnocení varianty

Varianta č. 2 je založena na použití spolupracujícího robotu. Provoz tohoto typu robota je jednodušší z hlediska bezpečnosti, ovšem jeho pracovní výkon není srovnatelný s průmyslovým robotem. V tabulce níže (tab. 5.9) jsou uvedeny podstatné výhody a nevýhody této varianty.

 Bezpečnost	 Velká pořizovací cena
 Spolehlivost	 Možnost zastavení linky
 Relativně dobrá spotřeba energie	 Možnost instalace pouze na podlahu
 Pracovní nasazení all-round 24/7	 Havárie (problémy) jsou řešeny technikou, tzn. přerušení výroby

Tabulka 5.9: Vyhodnocení kladů a záporů varianty č.2

5.3 Varianta č. 3

V rámci třetí varianty je využít tzv. teleoperátor (obrázek 5.7). Jedná se o manipulátor s hydraulickým pohonem a polohovým servořízením pro rameno se silovou zpětnou vazbou. Nosnost těchto zařízení se pohybuje v rozmezí 100 až 2000 kg, případně i více.

Z hlediska montáže se zařízení dělí na stacionární, s pojezdem, nebo závěsné. Teleoperátory jsou schopny pracovat s téměř jakýmkoliv typem efektoru jako jsou například: brusky, hořáky a klešťové efekторы pro manipulaci s břemeny. [22]

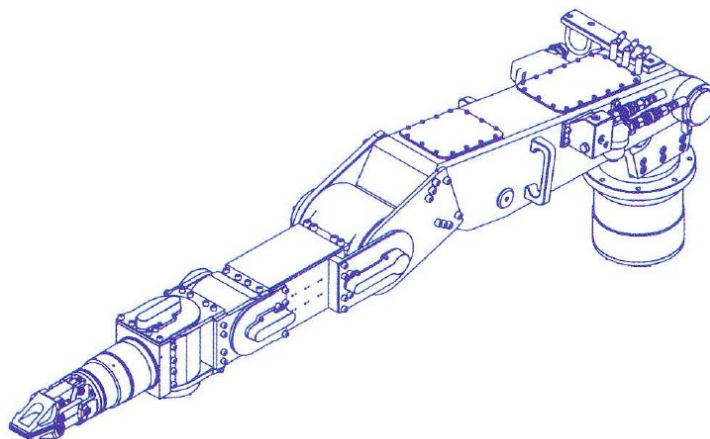


Obrázek 5.7: Teleoperátor THM 500 [23]

Tato mechanické zařízení pracují pouze v manuálním módu. To znamená, že v případě těžkých verzí sedí operátor v kabině stroje a manipul řídí z této pozice. V případě typů s nižší nosností operátor ovládá zařízení z operačního pultu, který je nedaleko. [22] [24]

5.3.1 Výběr zařízení

Pro potřeby varianty č. 3 byl vybrán Teleoperátor MT 80A (obrázek 5.8) od slovenské společnosti ZTS VU KOSICE, a.s.



Obrázek 5.8: Teleoperátor MT 80A [24]

Základními pohonnými jednotkami jsou křídlové rotační hydromotory umístěné v jednotlivých kloubech manipulátoru. Tímto řešením je zabezpečen přímý náhon jednotlivých kloubů bez převodů. Pohon hlavního ramena a čelistí jsou zabezpečeny hydromotory (obrázek 5.9).

[22] [24]



Obrázek 5.9: Detail ramena teleoperátoru MT 80 [25]

Řízení jednotlivých hydromotorů je prováděno prostřednictvím servoventilů, které jsou umístěné v tělese ramena. Díky umístění hydraulických rozvodů a další prvků uvnitř ramen, je zajištěna odolnost vůči působení vody a dalších negativních, okolních vlivů.

Ovládání manipulátoru je možné v několika režimech:

- ruční dálkové (teleoperátorské) ovládání pomocí joysticku anebo v systému „master slave“ přes ovládací rameno,
- robotické řízení v systému prvního spuštění,
- robotické řízení s adaptivním „in-time“ orientováním vůči obecné rovině, anebo válcové ploše spojené se standardním programováním. [22] [24]

Více informací je uvedeno v katalogovém listu výrobce v příloze F: Katalogový list teleoperátoru MT 80A.

5.3.2 Princip provozu

Na rozdíl od spolupracujících robotů mohou být teleoperátory montovány i ke stropu platformy. Díky této výhodě je možné zachování stávající válečkové trati a tudíž úspore nákladů spojených s instalací. Pro ustavení manipulátoru bude, stejně jako u ostatních variant, vyroben ocelový, svařovaný podstavec s frézovanou upínací plochou. Robot je upevněn k rámu šrouby. Podstavec je potom k zemi přišroubován kotevními šrouby.

Řídící jednotka je umístěna v prostoru vedle linky a kabelové spojení je vedeno po podlaze platformy. Skříň je přišroubována k zemi kotevními šrouby.

Pracovní úkon započne v okamžiku, kdy obsluha umístí vak na zabezpečené, oplocené místo. Obdobně jako tomu bylo u varianty č. 1. Následně dvířka uzavře. Systém vyhodnotí prostor jako bezpečný. Obsluha teleoperátoru, pomocí ovládacího pultu nasměruje efektor k vaku, uchopí jej a přesune k odběrnému místu. Zde operátor, otevře dvířka, vak vyjme a opět zavře. Dvířka budou vybaveny bezpečnostními zámky a senzory.

Pokud by došlo k problému, kdy by obsluha záměrně robota brzdila, nebo omezovala a ten by pak nestihl úlohu dokončit, linka by musela být zpomalena, nebo případně zastavena.

5.3.3 Bezpečnost

Pravidla bezpečnosti u teleoperátorů jsou srovnatelné s pravidly implementovány u průmyslových robotů. Proto i v tomto případě je pracoviště řazeno do skupiny zařízení s vyšším stupněm nebezpečnosti a tomu je potřeba i odpovídajícím způsobem zabezpečit i pracoviště.

Sekci s umístěným teleoperátorem je tedy nutné zabezpečit proti kontaktu obsluhou. Bezpečnost bude opět tvořena jednak pasivními bezpečnostními prvky, tzn. ochranné oplocení. A dále také aktivními bezpečnostními prvky, jako například bezpečnostní laserové skenery, elektromechanické zámky apod.

Obdobně jako u první varianty, bude i zde operátor formu vkládat na určené místo, které bude uzpůsobené pro uzavření a zajištění dostatečné bezpečnosti. Díky tomuto řešení bude zamezeno kontaktu obsluhy a teleoperátoru.

Dále bude sekce vybavena tlačítky STOP pro případ nutnosti zastavení práce nebo také pro případ hrozící nouze. Pro indikaci stavu bude linka vybavena tříbarevným signalizačním majákem.

5.3.4 Analýza rizik

Sestavená analýza rizik řešena pro implementaci této varianty řešení je součástí přílohy G: analýza rizik pro variantu č. 3. [18]

5.3.5 Zhodnocení nákladů

Tato sekce se zabývá kalkulací, formou odhadu, všech nákladů spjatých s realizací třetí varianty, viz tabulky níže (tab 5.10, tab 5.11).

Označení	Název	Počet kusů	Cena(CZK)/MJ
1	Teleoprátor MT 80A	1	1 500 000
2	ŘJ	1	100 000
3	Kabely		15 000
4	Podstavec	1	5 000
5	Spojovací materiál		1 500
6	Bezpečnostní prvky (pasivní)	1	80 000
7	Bezpečnostní prvky (aktivní)	1	60 000
8	Efektor, čelisti	1	200 000
9	Programování	1	120 000
10	Analýza rizik	1	15 000







Tabulka 5.10: Náklady varianty č.3

Název	Cena(CZK)/MJ
Celkové náklady	2 096 500

Tabulka 5.11: Celkové náklady varianty č. 3

5.3.6 Celkové zhodnocení varianty

Základem varianty č. 3 je použití teleoperátoru. Avšak tento typ manipulátoru přináší sebou řadu podmínek a nároku z hlediska bezpečnosti pracovního prostředí. V tabulce níže (tab. 5.12) jsou uvedeny podstatné výhody a nevýhody této varianty.

 Velká rychlost (výkon)	 Větší pořizovací cena
 Spolehlivost	 Velké bezpečnostní nároky
 Pracovní nasazení all-round 24/7	 Nutnost obsazení proškoleným operátorem

Tabulka 5.12: Vyhodnocení kladů a záporů varianty č.3

5.4 Varianta č. 4

Čtvrtá a poslední varianta vychází z použití průmyslového robotu (obrázek 5.10), ovšem doplněného o zařízení pro kontrolu pohybu obsluhy v jeho blízkosti. Jedná se o speciální ochranná zařízení – laserové skenery. Tyto zařízení slouží pro zajištění bezpečnosti operátorů a osob v nebezpečném prostoru, které by mohly přijít do kontaktu s nebezpečným zařízením. [26]



Obrázek 5.10: Průmyslový robot M-710iC/50T [9]

5.4.1 Výběr zařízení

Jak již bylo na začátku této podkapitoly zmíněno i v této variantě bude využita angulární robotická struktura M-710iC/50T od japonské společnosti FANUC, která má v České republice své zastoupení: FANUC Czech s.r.o.

Pro řízení robotu je určená řídící jednotka R-30iB. Rovněž, jako u varianty č. 1.

Pro tuto variantu byl vybrán bezpečnostní laserový skener S3000 Professional od firmy SICK, která má v České republice své zastoupení: SICK spol. s r.o.



Obrázek 5.11: Bezpečnostní laserový skener S3000 Professional [29]

Tyto laserové skenery jsou efektivním bezpečnostním nástrojem. Využívají se k ochraně oblasti nebo ochraně přístupu. Jsou vyráběny v mobilních i stacionárních verzích. Skenery fungují na základě měření času průchodu laserového paprsku od přístroje k předmětnému objektu a zpět. Tyto zařízení změří v relativně krátkém okamžiku více bodů – v určitém zorném poli. Skener proměří tzv. mračno bodů“. Jedná se o mřížku bodů, které mají úhlové rozestupy. Každý z těchto bodů má jasný směr a vzdálenost od přístroje, a tedy je vytvořena prostorová mapa. [26] [27] [28]

Způsob instalace umožňuje snímání jak horizontální, tak vertikální oblasti. V této konkrétní aplikaci bude skener nainstalován do polohy pro snímání horizontální oblasti (obrázek 5.12, 5.13) okolo linky. [28]



Obrázek 5.12: Zajištění bezpečnosti horizontální detekcí [30]



Obrázek 5.13: Příklad aplikace laserového skeneru [31]

5.4.2 Princip provozu

Robot bude upevněn k podstavci. Ten jako tomu je u ostatních variant je vyroben jako ocelový svařenec. Horní, upínací plocha je opracována do roviny. Spojení robotu s podstavcem je zajištěno šrouby. Pro správné vystředění, pro případ opakované montáže, slouží dvojice kolíků. Podstavec je upevněn ke stropu platformy opět šrouby.

Řídící jednotka je umístěna v prostoru vedle linky a kabelové spojení je vedeno po podlaze a dále po sloupu platformy k průmyslovému robotu. Skříň je přišroubována k zemi rovněž kotevními šrouby.

Vak bude umístěn na příslušné místo operátorem. Potom osoba ustoupí do příslušné bezpečné zóny. Systém následně vyhodnotí prostor jako bezpečný a dovolí manipulatoru vykonat předepsanou úlohu a přesunout formu do zásobníku. Dále robot přesune další vak ze zásobníku do obdobného zabezpečeného místa, nacházejícího se na začátku pracovní linky. Po ukončení úlohy dojde k rozsvícení signalizačního majáku, který operátora informuje o stavu pracoviště. Ten poté vstoupí do nebezpečné zóny a provede pracovní úkon.

5.4.3 Bezpečnost

Rovněž jako tomu je i první varianty i zde je nutné posuzovat pracoviště jako s vyšším stupněm nebezpečnosti a je nutné zajistit bezpečnostní prvky.

Zamezení kontaktu obsluhy a přítomných operátorů je zajištěno pomocí zmíněných laserů. Určené bezpečné pásmo je rozděleno na tři zóny – bezpečnostní, výstražnou a monitorovací. V prvním a největším, monitorovacím, pásmu skener detekuje přítomnost jakéhokoli objektu a vyhodnocuje jejich polohu. V případě, že daný objekt naruší druhé, výstražné pásmo, je aktivován světelný a akustický signál. Tento signál upozorní příslušnou osobu, s dostatečnou časovou rezervou, na blížící se riziko možného ohrožení. Pokud dojde k narušení posledního pásma, bezpečnostní zóny, řídicí systém vydá povel k okamžitému zastavení pracovní činnosti stroje – průmyslového robotu. Pro odblokování narušené zóny je nutná asistence oprávněného operátora s tzv. nadřazeným příkazem.

Rozsah a tvar kontrolních zón je nastavitelný dle daných podmínek. Kromě použití skenerů bude využito i bezpečnostního oplocení pro zamezení vniknutí do nebezpečných oblastí.

Operátor bude formu vkládat opět na určené místo, poté odstoupí do bezpečného prostoru, tzn. aby nebyl v dosahu robota a zároveň byl v takové vzdálenosti, aby v případě běhu do nebezpečné zóny řídicí jednotka měla dostatečnou časovou rezervu na zastavení robotu.

Pro zajištění větší bezpečnosti provozu budou použity, stejně jako tomu bylo i u předchozích variant, tlačítka STOP, které obsluha využije v případě nutnosti zastavit práci, nebo při hrozícím nebezpečí. Dále bude pro přehlednost pracoviště vybaveno tříbarevným signalizačním majákem.

5.4.4 Analýza rizik

Sestavená analýza rizik řešena pro implementaci této varianty řešení je součástí přílohy H: analýza rizik pro variantu č. 4. [18]

5.4.5 Zhodnocení nákladů

Tato sekce se zabývá kalkulací, formou odhadu, všech nákladů spjatých s realizací čtvrté varianty, viz tabulky níže (tab 5.13, tab 5.14).

Označení	Název	Počet kusů	Cena(CZK)/MJ
1	Průmyslový robot	1	1 174 500
2	ŘJ	1	(již v ceně robotu)
3	Kabely		15 000
4	Podstavec	1	5 000
5	Spojovací materiál		1 500
6	Bezpečnostní prvky (pasivní)	1	40 000
7	Bezpečnostní prvky (aktivní)	1	100 000
8	Efektor, čelisti	1	200 000
9	Programování	1	120 000
10	Analýza rizik	1	15 000

Tabulka 5.13: Náklady varianty č.4

Název	Cena(CZK)/MJ
Celkové náklady	1 671 000

Tabulka 5.14: Celkové náklady varianty č. 4

5.4.6 Celkové zhodnocení varianty

Základem varianty č. 4 je použití teleoperátoru. Tento typ manipulátoru přináší sebou řadu podmínek a nároků. Jednak je to bezpečnost pracovního prostředí a také zvýšení ekonomické náročnosti, z důvodu potřeby dalšího operátora. V tabulce níže (tab. 5.15) jsou uvedeny podstatné výhody a nevýhody této varianty.

 Velká rychlost (výkon)	 Velké bezpečnostní riziko
 Spolehlivost	 Velké bezpečnostní nároky
 Pracovní nasazení all-round 24/7	 Havárie (problémy) jsou řešeny techniky, tzn. přerušení výroby

Tabulka 5.15: Vyhodnocení kladů a záporů varianty č.4

6. Výběr optimální varianty

V této sekci je proveden výběr optimální varianty pomocí kritériální analýzy, na základě známých informací. Výsledek analýzy platí pouze jako doporučení pro následnou realizaci. Samotné zhodnocení provede až zadavatel realizace.

6.1 Seznam kritérií hodnocení

Na základě požadavkového listu byly stanoveny kritéria pro výběr optimální varianty (tab 6.1). Kritéria jsou poté dále seřazena podle priorit.

Označení kritéria	Kritérium	Charakteristika kritéria
K1	Náklady	Celková výše nákladů spojená s realizací projektu
K2	Bezpečnost	Míra bezpečnostního rizika spojeného s provozem
K3	Spolehlivost	Míra plnění pracovního úkolu po určitou dobu
K4	Energetická náročnost	Náročnost celku z hlediska spotřeby elektrické energie
K5	Odolnost	Odolnost vůči působení negativním vlivům pracovního prostředí
K6	Hmotnost	Celková hmotnost zařízení
K7	Rychlost	Hodnota pracovní rychlosti

Tabulka 6.1: Stanovení kritérií

6.2 Bodová stupnice hodnocení

Všechny varianty řešení jsou ohodnoceny na základě níže uvedené bodové stupnice (tab 6.2).

Úroveň kritéria	Body
Vysoká	10
Dobrá	8
Průměrná	6
Nízká	4
Nevyhovující	2
Nepříznivý stav	0

Tabulka 6.2: Hodnocení kritérií

6.3 Váha významnost

Podle počtu sestavených kritérií je maximální hodnotou číslo 7. Tato hodnota odpovídá nejvyšší významnosti. Hodnota 1 je naopak nejnižší viz tabulka 6.3.

Významnost	Hodnota
Nejvyšší	7
Nejnižší	1

Tabulka 6.3: Významnost kritérií

6.4 Hodnocení jednotlivých kritérií

Všechny varianty byly ohodnoceny podle jednotlivých kritérií v níže uvedené tabulce 6.4.

Označení kritéria	1. Varianta	2. Varianta	3. Varianta	4. Varianta
K1	5	4	5	4
K2	7	9	7	8
K3	7	6	4	5
K4	6	6	8	7
K5	8	5	5	7
K6	6	6	7	5
K7	10	7	7	8

Tabulka 6.4: Hodnocení jednotlivých kritérií

6.5 Určení významnosti kritérií

Vypracoval: Bc. Till Jakub							
Porovnávané páry kritérií						Počet voleb	Pořadí
K1	K1	K1	K1	K1	K1	5	1.
K2	K3	K4	K5	K6	K7		
	K2	K2	K2	K2	K2	4,5	2.
	K3	K4	K5	K6	K7		
		K3	K3	K3	K3	4	3.
		K4	K5	K6	K7		
			K4	K4	K4	2,5	4.
			K5	K6	K7		
				K5	K5	2	6.
				K6	K7		
					K6	1	7.
					K7	2	6.
					Celkem	21	

Tabulka 6.5: Metoda porovnání párů v trojúhelníku

Vypracoval: Bc. Michalski Jakub							
Porovnávané páry kritérií						Počet voleb	Pořadí
K1	K1	K1	K1	K1	K1	4	3.
K2	K3	K4	K5	K6	K7		
	K2	K2	K2	K2	K2	5,5	1.
	K3	K4	K5	K6	K7		
		K3	K3	K3	K3	4,5	2.
		K4	K5	K6	K7		
			K4	K4	K4	3,5	4.
			K5	K6	K7		
				K5	K5	1	6.
				K6	K7		
					K6	0,5	7.
					K7	2	5.
					Celkem	21	

Tabulka 6.6: Metoda porovnání párů v trojúhelníku

Vypracoval: Bc. Palička Jaroslav							
Porovnávané páry kritérií						Počet voleb	Pořadí
K1	K1	K1	K1	K1	K1	4,5	2.
K2	K3	K4	K5	K6	K7		
	K2	K2	K2	K2	K2	5,5	1.
	K3	K4	K5	K6	K7		
	K3	K3	K3	K3	K3	4	3.
	K4	K5	K6	K7			
		K4	K4	K4		2	5.
		K5	K6	K7			
			K5	K5		2,5	4.
			K6	K7			
				K6		1	7.
				K7		1,5	6.
				Celkem		21	

Tabulka 6.7: Metoda porovnání párů v trojúhelníku

Vypracoval: Ing. Polleč Tomáš, MBA							
Porovnávané páry kritérií						Počet voleb	Pořadí
K1	K1	K1	K1	K1	K1	2,5	3.
K2	K3	K4	K5	K6	K7		
	K2	K2	K2	K2	K2	5,5	1.
	K3	K4	K5	K6	K7		
	K3	K3	K3	K3	K3	5,5	2.
	K4	K5	K6	K7			
		K4	K4	K4		1	4.
		K5	K6	K7			
			K5	K5		3	6.
			K6	K7			
				K6		0	7.
				K7		3,5	5.
				Celkem		21	

Tabulka 6.8: Metoda porovnání párů v trojúhelníku

6.6 Určení váhy významnosti

Váha významnosti je obecně závislá na celkovém počtu voleb. Může tedy být určena lineární rovnicí, která má následující základní tvar:

$$q = k \cdot v + b \quad (6.1)$$

q – váha významnosti; k – směrnice přímky; v – počet voleb; b – posunutí přímky

V dalším kroku, po dosazení nejnižší hodnoty v ($v_{\min} = 0,5$) a nejnižší hodnoty významnosti q ($q_{\min} = 1$), do výše uvedeného vztahu (6.1) se získá následující rovnice:

$$1 = k \cdot 0,5 + b$$

Následně po dosazení nejvyšší hodnoty v ($v_{\max} = 5,5$) a nejvyšší hodnoty významnosti q ($q_{\max} = 7$), do základní tvaru (6.1) se získá následující rovnice:

$$7 = k \cdot 5,5 + b$$

Vzniknou tedy dvě rovnice o dvou neznámých:

$$1 = k \cdot 0,5 + b$$

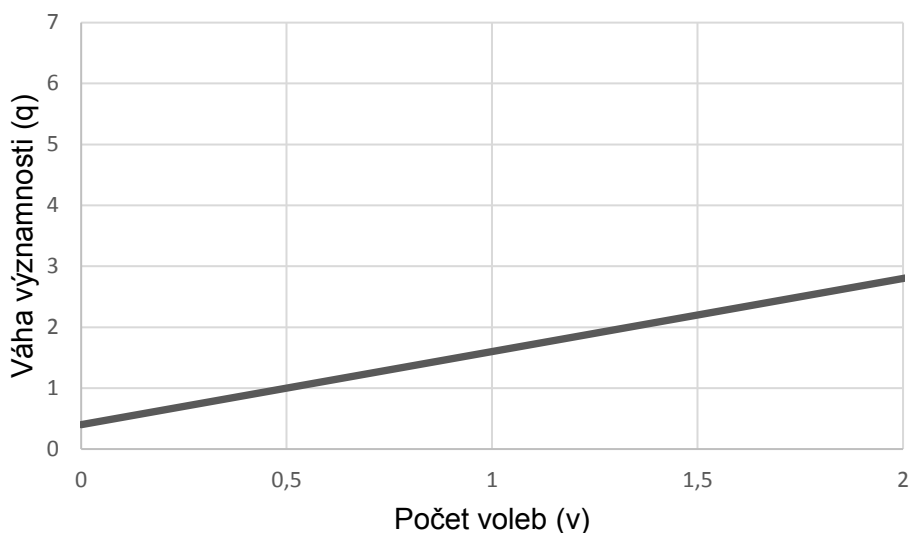
$$7 = k \cdot 5,5 + b$$

Řešení této soustavy je:

$$k = \frac{6}{5}; b = \frac{2}{5} \quad (6.2)$$

Na základě vypočítaných koeficientů se určí vztah pro závislost váhy významnosti na počtu voleb. Tento poměr je popsán následující rovnicí:

$$q = \frac{6}{5} \cdot b + \frac{2}{5}$$



Graf 6.1: Graf závislosti významnosti na počtu voleb

V tabulce 6.9 níže jsou uvedeny váhy významnosti. Kritérium, které má vyšší váhu významnosti má pro výběr optimální varianty vyšší význam.

Označení kritéria	1. Hodnocení	2. Hodnocení	3. Hodnocení	4. Hodnocení	Výsledná váha
K1	6,4	5,2	5,8	3,4	5,2
K2	5,8	7	7	7	6,7
K3	5,2	5,8	5,2	7	5,8
K4	3,4	4,6	2,8	1,6	3,1
K5	2,8	1,6	3,4	4	2,95
K6	1,6	1	1,6	0,4	1,15
K7	2,8	2,8	2,2	4,6	3,1

Tabulka 6.9: Váha významnosti

Určení váhy významnosti se provede podle následujícího vztahu.

q – váha významnosti

$$q = \frac{\sum(v_i)}{p} \quad (8.1) \quad \sum(v_i) - \text{součet počtu voleb jednotlivých kritérií} \quad (6.2)$$

p – počet znalců porovnání

6.7 Hodnocení jednotlivých variant

Pro zjištění váženého indexu kritéria je vynásobena bodová hodnota daného kritéria s každou variantou a následně s konkrétní váhou významnosti. Součtem je vážený index kritéria.

Označení kritéria	Bodové ohodnocení	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	5	5,2	26
K2	7	6,7	46,9
K3	7	5,8	40,6
K4	6	3,1	18,6
K5	8	2,95	23,6
K6	6	1,15	6,9
K7	10	3,1	31
Celkový součet indexů			193,6

Tabulka 6.10: Hodnocení variant č. 1

Označení kritéria	Bodové ohodnocení	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	4	5,2	20,8
K2	9	6,7	60,3
K3	6	5,8	34,8
K4	6	3,1	18,6
K5	5	2,95	14,75
K6	6	1,15	6,9
K7	7	3,1	21,7
Celkový součet indexů			177,85

Tabulka 6.11: Hodnocení variant č. 2

Označení kritéria	Bodové ohodnocení	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	8	5,2	41,6
K2	7	6,7	46,9
K3	4	5,8	23,2
K4	8	3,1	24,8
K5	5	2,95	14,75
K6	7	1,15	8,05
K7	7	3,1	21,7
Celkový součet indexů			181

Tabulka 6.12: Hodnocení variant č. 3

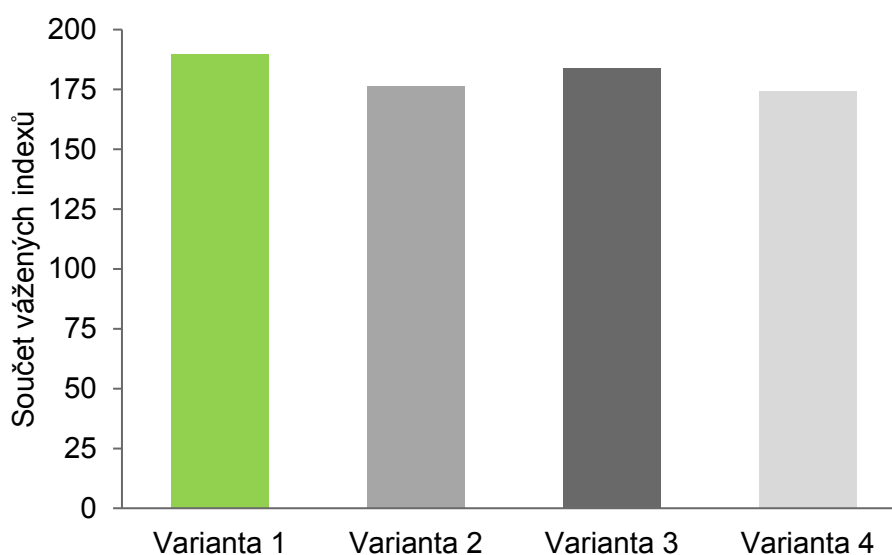
Označení kritéria	Bodové ohodnocení	Váha významnosti q	Vážený index kritéria
K1	4	5,2	20,8
K2	8	6,7	53,6
K3	5	5,8	29
K4	7	3,1	21,7
K5	7	2,95	20,65
K6	5	1,15	5,75
K7	8	3,1	24,8
Celkový součet indexů			176,3

Tabulka 6.13: Hodnocení variant č. 4

Součet vážených indexů, z každého jednotlivého hodnocení variant, je pro přehlednost uveden v níže tabulce 6.14. Dle výše indexů byly varianty dále seřazeny do uvedeného pořadí.

Varianta	Součet vážených indexů	Pořadí
1.	193,6	1.
2.	177,85	3.
3.	181	2.
4.	176,3	4.

Tabulka 6.14: Výsledky kritériální analýzy



Graf 6.2: Grafické znázornění výsledků kritériální analýzy

S přihlédnutím k výsledkům kritériální analýzy je variantou s největší součtem vážených indexů varianta č. 1 – implementace průmyslového robotu. Proto je tato varianta podrobněji zpracována. Jak již byl v úvodu této kapitoly zmíněno, výsledek analýzy platí pouze jako doporučení. Samotné zhodnocení provede až zadavatel diplomové práce.

7. Konceptní návrh výsledné varianty

Obsahem této kapitoly je detailnější popis hlavních technologických částí optimální varianty. Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.1, základem této varianty je využití průmyslového robotu i za předpokladu zvýšených bezpečnostních nároků.

7.1 Výběr zařízení

Při výběru robotu bylo vycházeno z váhy objektu manipulace, jímž je flexibilní vak. Nejtěžší ze všech typů vaků váží 20 kilogramů. K této hmotnosti je připočtena předpokládaná hmotnost efektoru 25 kilogramů. Výsledkem je tedy hmotnost 45 kilogramů. Z toho důvodu byl vybrán robot M-710iC/50T od japonské společnosti FANUC. Jeho dosah rovněž odpovídá zadání. Robot může pracovat v nepřetržitém provozu a také v prašném prostředí. Jeho opakovatelnost je dána opakovatelnou přesností $\pm 0,07$ mm.

Výhodou tohoto robotu je možnost svrchního upevnění. To znamená, že je možné jej upevnit ke kolejnici pro boční montáž v úhlu 90° , nebo v obráceném upevnění podle lineární osy. Tato instalace je vhodná pro aplikace, kde je omezení, podlahovou plochou, nebo sníženou výškou stropu. [10] [11]



Obrázek 7.1: Příklad svrchní instalace průmyslového robotu [32]

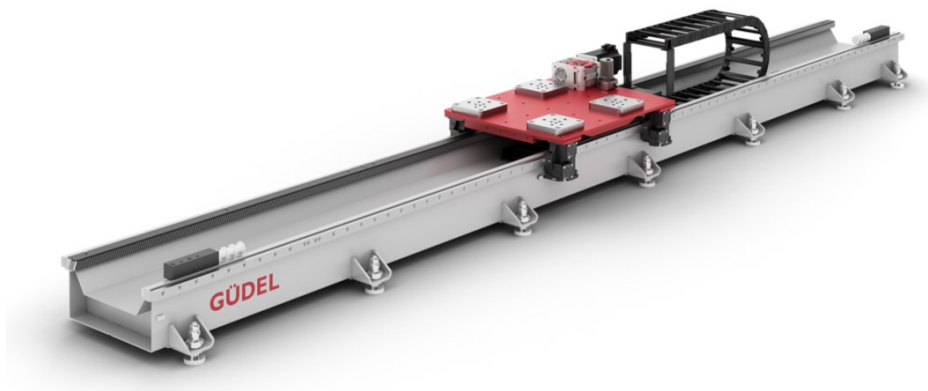
Zajištění pracoviště průmyslovým robotem, s možností svrchní montáže, bude muset být zabezpečen některým z následujících dvou způsobů.

- Prvním způsobem je použití dvou průmyslových robotů. Jeden z těchto robotů je umístěn blíže pracovišti č. 5. Druhý robot potom je umístěn u pracoviště č. 1. Jejich akční rádiusy se protínají v mezioperačním zásobníku.

- Druhý způsob založen na umístění průmyslového robotu na lineární pojezd. Z důvodu zachování dispozice stávajícího pracoviště je tento pojezd přimontován ze spodu stávající platformy. Díky tomu je zajištěn relativně dobrý dosah, a především možnost se pohybovat nad samotnou linkou.

S přihlédnutím k většímu ekonomickému zatížení u prvního způsobu, je finální varianta řešena s využitím druhé možnosti, tedy s průmyslovým robotem umístěným na lineárním pojezdu.

Lineární pojezd je vybrán od firmy Güdel, která má v České republice své zastoupení: Güdel a.s. Tato firma má na svých webových stránkách uvedeno několik typů pohonů. Pro aplikace této varianty je vybrán typ 1-Axis-Portal EP - TMO-2-C. Ten může být výrobcem modifikován na přesné rozměry, dle zadání. Pro pohon robotu na pojezdu je použit FANUC servomotor, který je řízen přímo z kontroléru robotu jako další osa resp. u modelu M710iC/50T jako 1. osa. Přesnost opakování je $\pm 0,02$ mm. [33] [35]



Obrázek 7.2: Lineární pojezdová kolejnice [34]

Pro řízení celku, jak již bylo zmíněno, byla vybrána řídicí jednotka R-30iB. Jednotka R-30iB má přístup k celému I/O systému robotu. Lze tedy snadno ovládat periferní zařízení, aniž by to mělo negativní vliv na výkon robotu. Systém je dodáván v kompletu s průmyslovým robotem. [36]

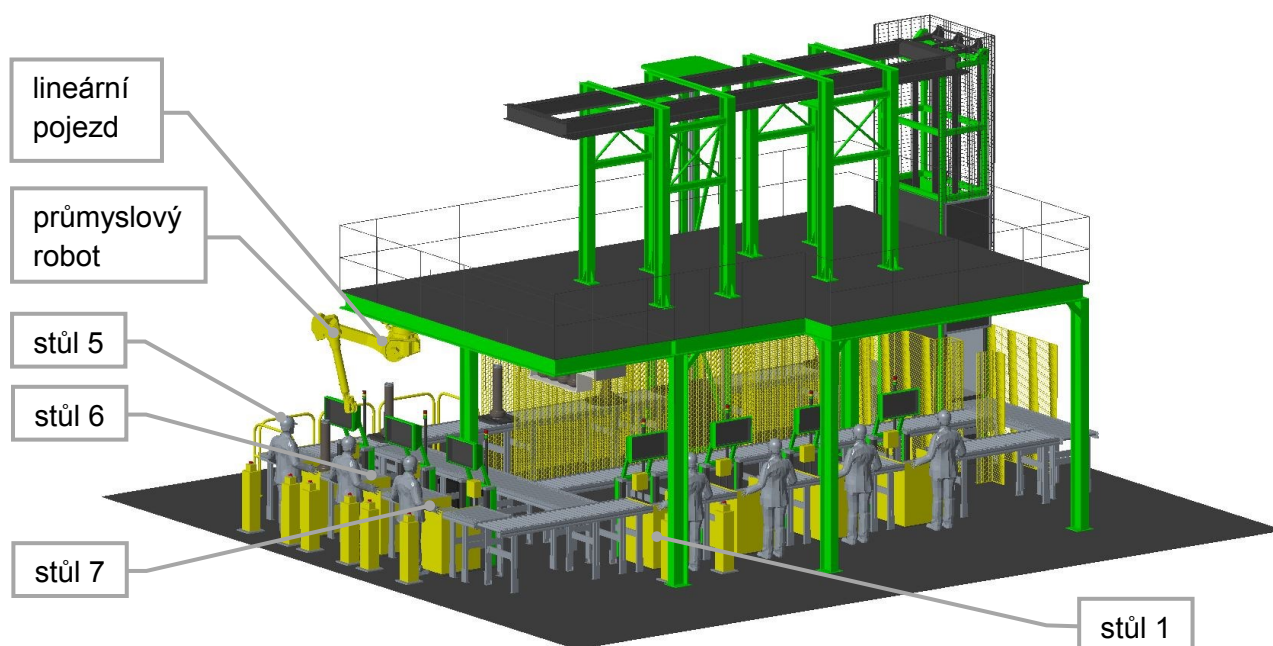
Všechna zařízení jsou napájena elektrickou energií, ta je k agregátům přiváděna kabely přes vytyčené kabelové trasy. Pro zajištění napájení robotické struktury a lineárního vedení budou kabely umístěny v energovodu upevněném k stropu platformy.

Uchopovací efektor není cílem této diplomové práce, proto je v modelu zakreslen pouze blokově. Jedná se o klasický uchopovací efektor s klešťovým sevřením, vyroben pravděpodobně na zakázku. Čelisti budou vyrobeny ze silikonové pryže, pro zajištění nekluzného kontaktu.

7.2 Popis pracoviště

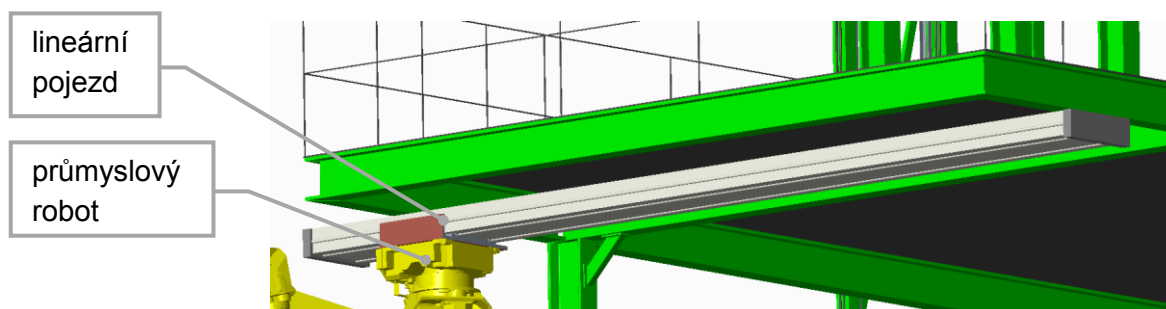
Prostor pro samotnou realizaci aplikace, respektive pracovního prostoru průmyslového robotu, je vyhrazen v rámci karuselového pracoviště (obrázek 7.3). Rozměry pracoviště jsou dány bezpečnostním oplocením, kterým bude pracoviště ohraničeno. Dalšími limitujícími prvky jsou podpěrné sloupy platformy a samotná platforma, na které je umístěno dávkovací zařízení.

Následující fotografie jsou vyobrazeny bez použitého bezpečnostního oplocení pro lepší přehlednost.

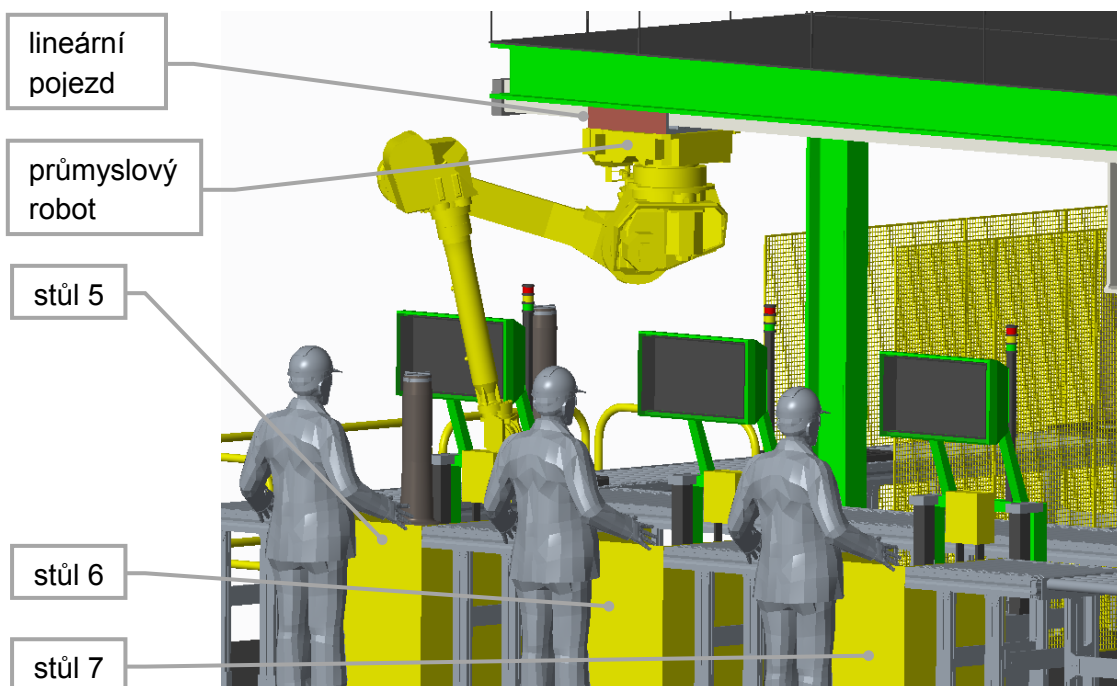


Obrázek 7.3: Celkový pohled na výsledné pracoviště

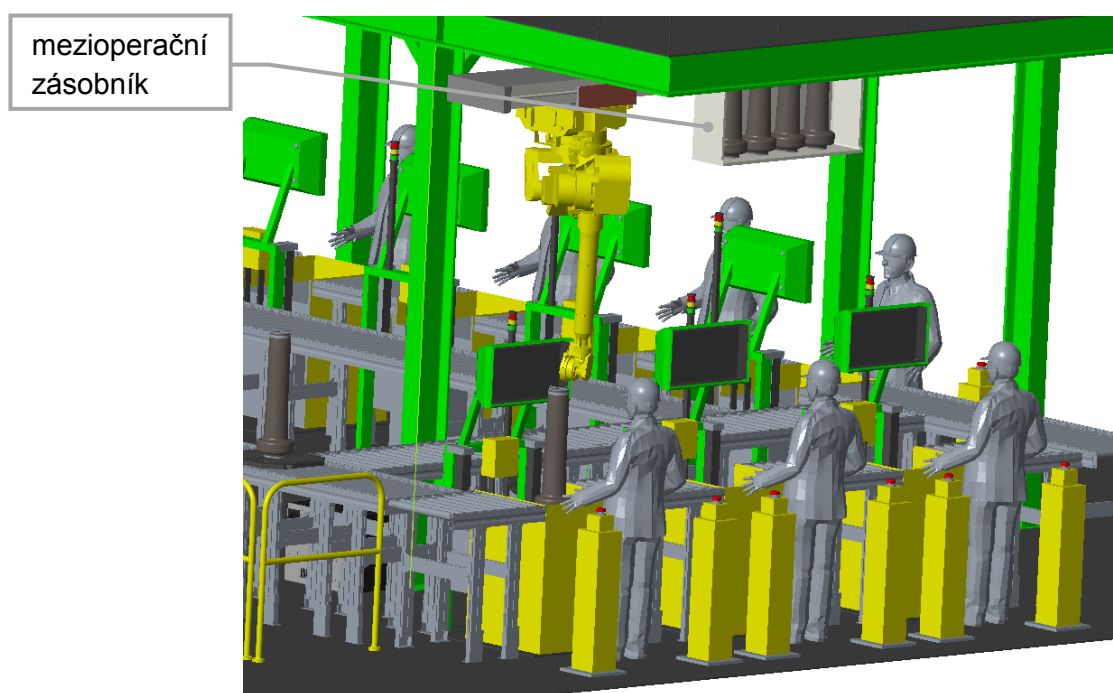
Základem je lineární pojezd, který je upevněn ke stropu platformy spojovacím materiálem. Spojení robotu s vozíkem pojezdu je rovněž provedeno za pomoci předepsaného spojovacího materiálu.



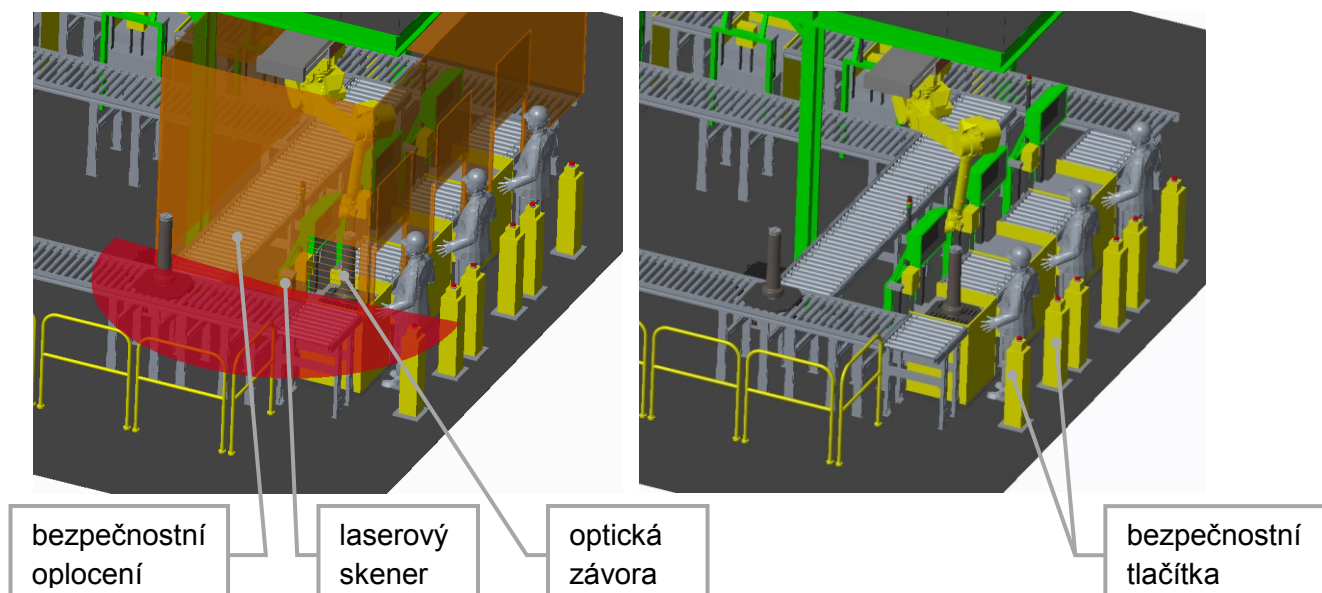
Obrázek 7.4: Upevnění lineárního pojezdu k platformě



Obrázek 7.5: Pohled na pracoviště s umístěným robotem



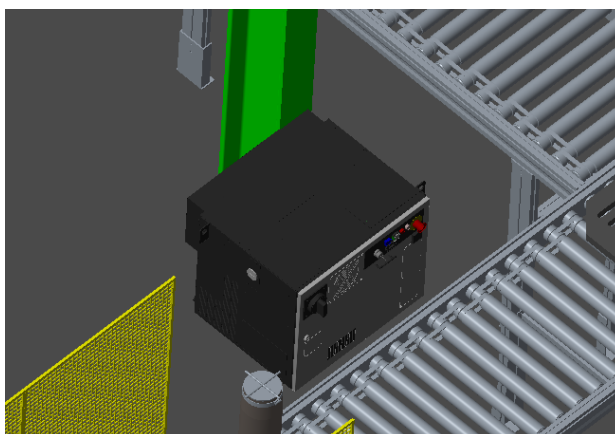
Obrázek 7.6: Pohled na pracoviště s umístěným robotem



Obrázek 7.7: Pohled na pracoviště s umístěným robotem včetně bezpečnostního zajištění a bez něj

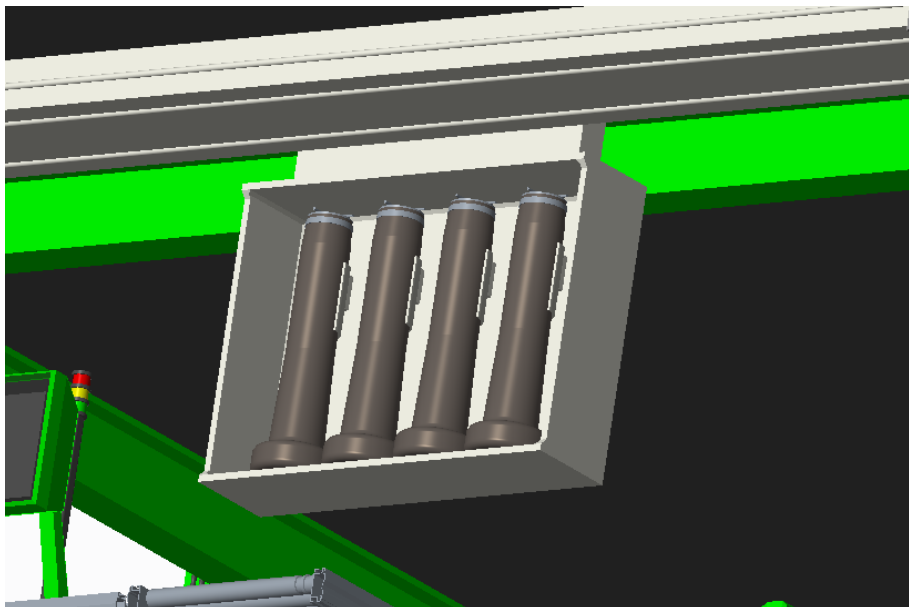
Pracoviště je zajištěné oplocením (obrázek 7.7). Pro vstup do pracoviště využijí operátoři, nebo pověřené osoby, vstup zabezpečený elektromagnetickým zámekem. Pro zajištění adekvátní bezpečnosti bylo upuštěno od použití dvířek, resp. komory, kam by operátor vak vkládal. Na místo toho je navrženo použití posuvných zábran v rámci nového bezpečnostního oplocení. Ty budou ovládány řídicí jednotkou. Po stisknutí bezpečnostních tlačítek operátory, se tyto zábrany spustí dolů a zamezí přístupu do pracovního prostoru robotu. Vstup kompletů do pracoviště a jejich následný výstup je hlídán dvojicí světelných závor. Navíc je prostor před nimi kontrolován laserovým skenerem proti náhlému vniknutí nepovolaných osob.

Řídicí jednotka je umístěna v prostoru vedle linky (obrázek 7.8). Je ustavena díky konstrukci, která je přišroubována pomocí kotevních šroubů k zemi.



Obrázek 7.8: Umístění řídicí jednotky

Vzhledem k tomu, že se na pracovišti vyrábí 6 různých typů nálevek, které jsou za sebou řazeny dle aktuálního výrobního plánu a tedy neurčitě, je nutné zajistit odkladné místo. Mezioperační zásobník (obrázek 7.9), je umístěn v blízkosti manipulátoru. Na toto místo jsou odkládány vaky od rozebíracích – výstupních – pracovišť, které budou ve správném pořadí poté odebírány a přemisťovány na „sypací“ – vstupní – pracovní stanoviště.



Obrázek 7.9: Mezioperační zásobník

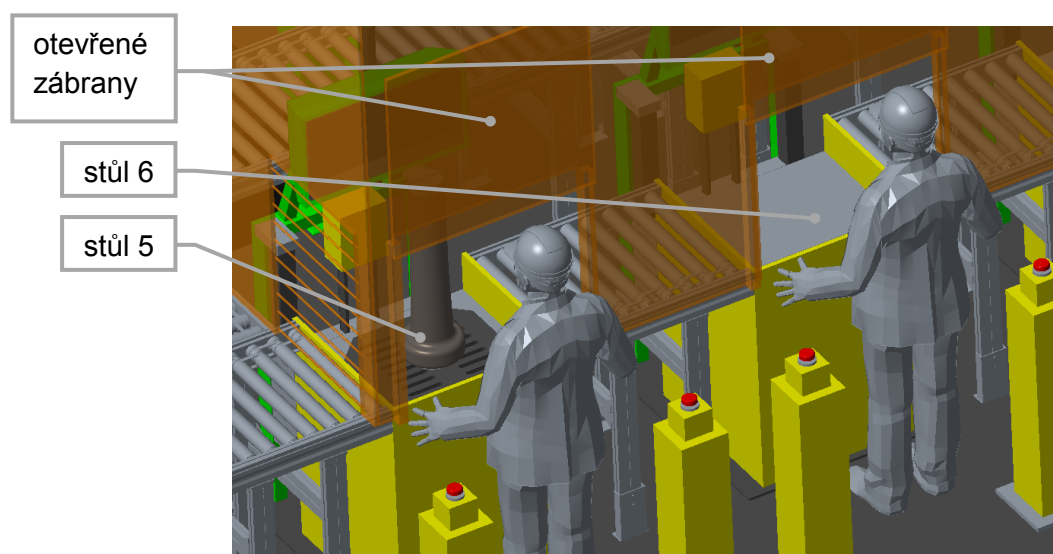
Zmíněný mezioperační zásobník není cílem této diplomové práce, proto je v modelu zakreslen pouze blokově. Jedná se o systém, do kterého je robotem uložen vak, na předem stanovené místo. Řídící jednotka pomocí kódu na segmentu vyhodnotí, o který typ nálevky se jedná a informaci pošle do robotu. Jakmile robot dostane povel, vytáhne určený vak a předá jej na příslušné pracoviště (stůl č. 7, případně stůl č.1). Zásobník bude mít dostatečnou kapacitu pro zásobu vaků, tak aby pokryl případné kritické situace, kdy by mohly za sebou přijet dva stejné komplety.

7.3 Princip provozu

Po příjezdu zaformovaného kompletu ke stolu č. 5, je pracovní deska automaticky snížena a operátor provede demontáž stahovacích pásek (obrázek 7.10). Poté, odstoupí operátor několik kroků dozadu a oběma rukama stiskne bezpečnostní tlačítka.

V případě, jedná-li se o složitější typ výrobku, je jeho demontáž časově náročnější. Proto je proces jeho demontáže započat v rámci stolu č. 5, jak již bylo zmíněno v začátku této práce. Zde ovšem je demontáž dokončena pouze částečně a formovací systém je za pomoci válečkového dopravníku dopraven na stůl č. 6. Na tomto stanovišti je demontáž dokončena a operátor poté odstoupí několik kroků dozadu a oběma rukama stiskne bezpečnostní tlačítka.

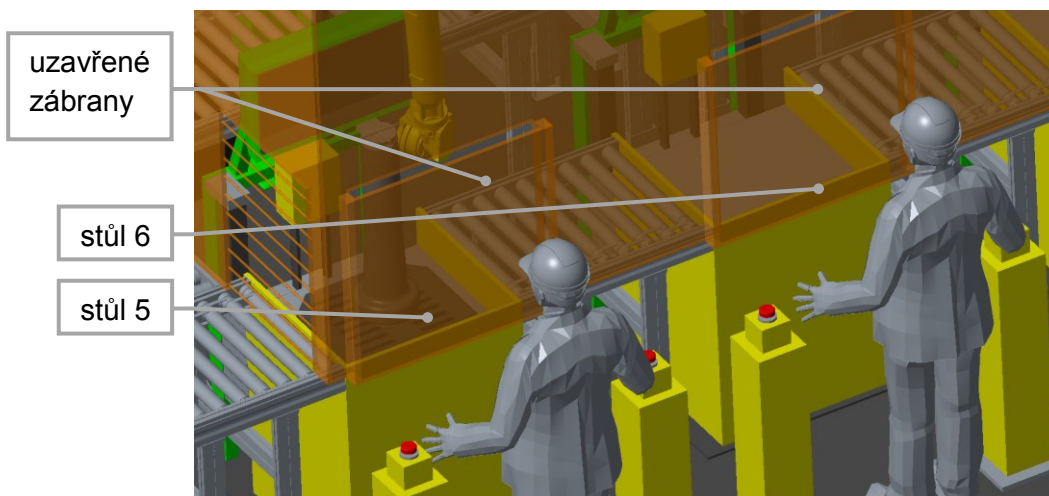
Operátoři u stolů č. 7 a č. 1 provedou svou naplánovanou pracovní úlohu, na základě typu výrobku. Poté, pro „přivolání“ vaku odstoupí několik kroků dozadu a oběma rukama stiskne bezpečnostní tlačítka.



Obrázek 7.10: Fáze demontáže stahovacích pásek operátorem

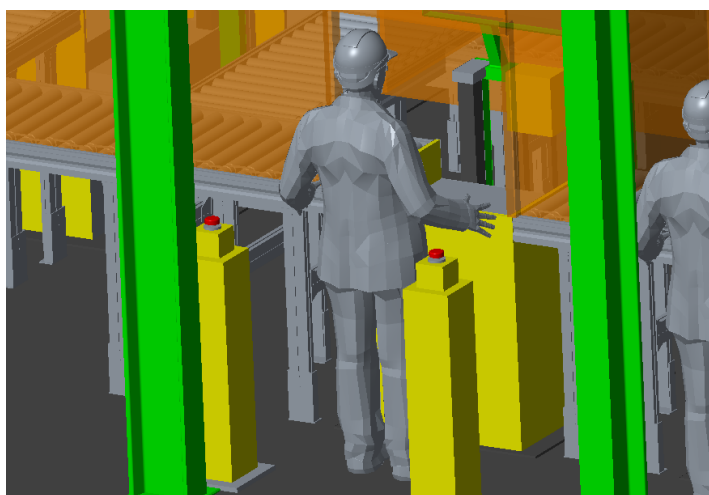
Jakmile všichni operátoři (stolů č. 5, 6, 7 a 1) dokončí předepsané úlohy a stisknou své bezpečnostní tlačítka, vyhodnotí řídicí jednotka situaci tak, že operátoři jsou již vzdáleni od svého pracoviště a dojde k bezpečnostnímu zajištění. A to tak, že jsou mechanické zábrany spuštěny dolů. Spolu s tím vyjedou pracovní desky stolů do výchozí polohy. Jakmile zábrany dorazí do konečné polohy, tak aby zamezily přístup operátorům do pracovního prostoru robotu, sepnou se koncové spínače. Na základě toho řídicí jednotka vyhodnotí pracoviště jako zajištěné proti kontaktu člověka s robotem, tedy jako zajištěné (obr 7.11).

Jak bylo zmíněno, segmenty jsou vybaveny RFID kódy, ve kterých jsou zapsány veškeré informace o daném výrobku. Na základě těchto informací řídicí jednotka určí robotu správný odběrový stůl (stůl č. 5 nebo stůl č. 6) a správný stůl pro přísun „nového“ vaku (stůl č. 7 nebo stůl č. 1). Dále určí místa úchopu, šíři otevření efektoru, sílu apod.



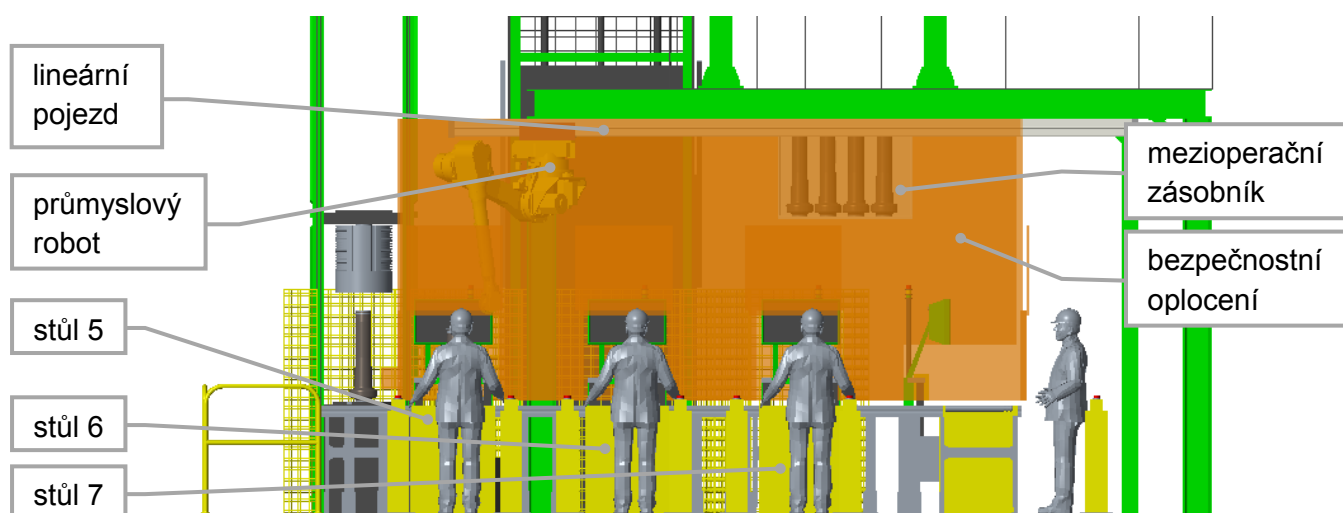
Obrázek 7.11: Fáze zabezpečeného pracoviště a provozu robotu u stolu č. 5

V dalším kroku operace je tedy robot naveden k místu odběru vaku (u příslušného stolu), který uchopí a přenesení jej do mezioperačního zásobníku. Následně pak uchopí požadovaný vak, určený pro sestavení nového kompletu, z mezioperačního zásobníku, a přenesení jej na stůl č. 7, případně na stůl č. 1, (obrázek 7.12). Poté se vrátí do své výchozí polohy. Jedná se o polohu, kdy bude robot „složený“ tak, aby zabíral co nejmenší prostor. V místě, kde nebude kolidovat s projíždějícími komplety a ani dalšími periferiemi linky.



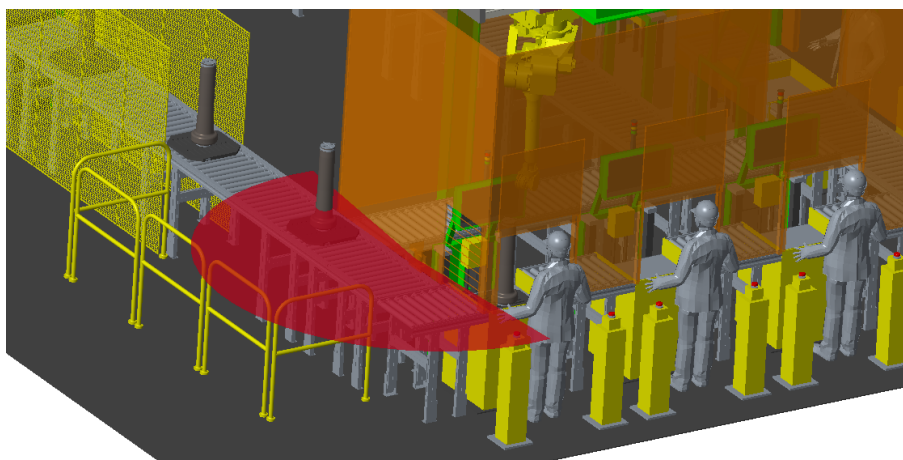
Obrázek 7.12: Pohled na pracoviště č. 1 s otevřenou zábranou

Jakmile manipulátor dokončí předprogramovanou sérii úloh spojenou s odběrem vaku (u stolu č. 5, případně č. 6) a přísunem vaku (ke stolu č. 7, případně č. 1), vrátí se do výchozí polohy a tím je pracovní úloha dokončena. Následně vydá řídicí jednotka pokyn pro odjištění pracoviště tak, že vrátí bezpečnostní zábrany zpět do své výchozí polohy nahoře. Poté operátoři u rozebíracích stolů odejmou výrobek, formu vyčistí a je proveden krok celého karuselového pracoviště. Dále poté vyčkají na příjezd nového kompletu a postup se opakuje.



Obrázek 7.13: Pohled na rozebírací stoly a průmyslový robot

Pokud by operátor násilně otevřel bezpečnostní zábranu, uvolnil by tak koncové spínače. V tom případě, by řídicí jednotka vyhodnotila situaci jako narušení zajištěné pracovní zóny a zastavila by pracovní činnost robotu. Jestliže by operátor narušil zónu, před vstupem do robotického pracoviště (obrázek 7.14), tvořenou laserovým skenerem, bude robot nejdříve zpomalen a v případě dalšího přiblížení bude zastaven.



Obrázek 7.14: Detail použití laserového skeneru

7.4 Bezpečnost pracoviště

Při implementaci průmyslového robotu do výrobního provozu je otázka bezpečnosti velice důležitá. Pro provoz platí následující obecné bezpečnostní zásady:

- průmyslový robot, případně polohovadlo, nesmí přijít při práci do styku s obsluhou, robot nesmí mít možnost se k obsluze přiblížit,
- pracovní prostor musí být kompletně zajištěno, aby nebylo možné pracoviště spustit, pokud je např. za optickou bezpečnostní závorou nepovolaná obsluha,
- bezpečnostní obvod by měl být celkově řízen nadřazeným řídicím systémem pracoviště, navíc je nutné zajistit panely pro obsluhu, spolu se STOP tlačítka, které obsluha využije v případě nutnosti zastavit práci, nebo při hrozícím nebezpečí,
- v případě použití bezpečnostních optických závor, je nutné použít závory, jejichž přesnou funkci a model předepisuje platná norma.

Z výše uvedených bodů vyplývá, že bezpečnost pracovišť s průmyslovým robotem je zajištěna jednak pasivními prvky, jako je například oplocení, zábrany apod. Druhou skupinou jsou aktivní bezpečnostní prvky, jako jsou laserové skenery, optoelektronická zařízení, bezpečnostní elektromechanické zámky, nebo bezpečnostní senzory na principu koncových snímačů. [37]

7.4.1 Ochranná opatření

- Ochrana před elektrickým rázem

Z hlediska minimalizování úrazů způsobných elektrickým proudem je nutné zajištění několika souvisejících opatření. V první řadě je nutné zabezpečit uzemňovací systém, který slouží pro vyrovnávání potenciálů. Mezi další opatření patří síťové jističe, izolace nebo proudové chrániče apod.

- Nouzové zastavení pracoviště

V případě mimořádné situace se pro zastavení pohybu pracoviště s manipulátorem používá nouzového zastavovacího tlačítka. Jedná se však pouze o doplňkové bezpečnostní opatření. Jeho funkce přímo nesnižuje míru nebezpečí. [38]

Po aktivaci tlačítka STOP jde pracoviště opětovně uvést do provozu až po jeho resetování.

Dle analýzy rizik je možné vybrat z několika následujících variant:

- kategorie 0 – po stisknutí tlačítka dojde k okamžitému přerušení elektrická energie k motorům,
- kategorie 1 – tento režim, označován jako kontrolované vypnutí, má za následek zastavení všech pohybů a k vypnutí energie,
- kategorie 2 – v této kategorii není odpojena elektrická energie okamžitě, robot zůstává v klidovém stavu. Až v případě nechtěného pohybu, dochází k okamžitému nouzovému zastavení přívodu.

Tlačítka STOP musí být viditelné a snadno přístupné. Jsou označeny červenou a žlutou barvou. [38]



Obrázek 7.15: Tlačítko STOP nouzového zastavení [39]

- Ochranné oplocení a kryty

Tyto prvky ochrany slouží k mechanickému zabránění vstupu do nebezpečného prostoru – chráněné oblasti. Jedná se především o imobilní oplocení, zástěny nebo zábradlí. K instalaci a demontáži je nutno použít nářadí. Oplocení je pro tuto variantu navíc dovybaveno o posuvné zábrany zamezující vniknutí do pracovní oblasti robotu. Systémy jsou zautomatizovány pomocí řídicí jednotky. [40]



Obrázek 7.16: Ochranný systém oplocení [41]

- Dveřní systémy

Z hlediska údržby a souvisejících úkonů s výrobou není možné manipulátor umístit za nepropustnou bariéru. Proto součástí bezpečnostního oplocení, bývají z pravidla i dveře pro přístup k robotu, vybavené oboustrannou klikou. Při vchodu operátora do chráněné oblasti musí být robot uveden do bezpečné polohy, teprve na základě tohoto faktu je dveřní systém kontrolovaně odemknut. Toto zabezpečují elektromechanické zámky. [42]



Obrázek 7.17: Dveře s elektromechanickým zámkem [43]

- Bezkontaktní bezpečnostní prvky

Dalšími nutnými bezpečnostními prvky, k zajištění potřebné úrovně bezpečnosti, jsou, již zmiňované, elektronické systémy aktivní bezpečnosti. Z pravidla se používají následující zařízení: [44]

- optoelektronická bezpečnostní zařízení – do této kategorie se řadí světelné závory a laserové skenery (obrázek 7.18 a obrázek 7.19). Používají se pro zabezpečení přístupu a také nebezpečných míst a oblastí. Světelné závory bude využito u přísunu výrobků do „nebezpečné zóny“.



Obrázek 7.18: Optická závora [45]



Obrázek 7.19: Laserový skener [29]

- Nášlapné rohože – k jednodušším způsobům snížení rizika úrazů patří také i nášlapné systémy (obrázek 7.20). Ty jsou realizovány formou rohoží, nebo plechů doplněných o snímače. Pokud osoba vstoupí na takto zabezpečenou plochu, řídicí systém tuto skutečnost vyhodnotí a následně proces omezí nebo zastaví. Rohože mohou být umístěny na podlahu před pracovním stolem, pro ještě větší bezpečnost. [44]



Obrázek 7.20: Nášlapná rohož [46]

- Světelné a zvukové zařízení

Pro lepší signalizaci chodu pracoviště jsou určeny bezpečnostní průmyslové majáky. Jsou zpravidla tříbarevné (červená: selhání, nouzové zastavení nebo porucha, žlutá: varování, přehřátí, blikající žlutá: testovací provoz, zelená: provozní režim). Některé druhy jsou přímo vybaveny zvukovým alarmem s nastavitelnou hlasitostí. [47]



Obrázek 7.21: Signalizační maják [48]

Dále je nutné dbát zásad ohledně provozu. Obecně robotizovaná zařízení a pracoviště smí obsluhovat, programovat, a seřizovat jen osoby, které:

- disponují osvědčením na obsluhu příslušného robotu nebo pracoviště,
- jsou vyškolené a mají osvědčení o programování nebo seřizování.

Ochranná zařízení v rámci stanoviště musí být stále v provozuschopném stavu a nesmí se vyřazovat z funkce. Tyto zařízení musí bránit přístupu osob do chráněného prostoru a také zamezit působení případného nebezpečí z výrobního procesu na pracoviště.

Obsluha pracoviště nesmí vstupovat do vymezeného prostoru robotu v době jeho automatické činnosti. Obsluha musí postupovat dle řádného stavu technických prostředků, které mohou zamezit vzniku nežádoucí události, popřípadě snížit její následky.

Obsluha musí dbát na dodržování určených limitů pohybů robotu a nesmí nastavovat jeho parametry. Činnost zařízení na robotizovaném pracovišti může být ovládaná pouze oprávněným operátorem. Před odstraněním poruchy řídicího systému musí být manipulátor odpojen od sítě a hlavní vypínač označen příslušnou výstražnou tabulkou.

Seřizování a programování robotu se provádí při snížené rychlosti nebo postupným krokováním. Jestliže činnost vyžaduje přítomnost pracovníka údržby v prostoru ohroženém funkcí robotu, nesmí rychlost pohybujících se částí přesahovat $0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Před zahájením programování, případně seřizováním, a vstupem do chráněného prostoru je nutné:

- přesvědčit se, zda všechna bezpečnostní zařízení jsou v předepsané poloze a jsou funkční,
- vizuálně zkontrolovat stav robotu a chráněného prostoru, zda nevzniká nebezpečná situace,
- vyzkoušet jednotku ručního řízení z hlediska ověření její správné funkce.

Před samotným vstupem příslušného pracovníka do chráněného prostoru musí být provedeno přepnutí na programovací režim. V průběhu oprav, nebo seřizování, se v chráněném prostoru může pohybovat pouze pracovník pověřený danou činností. Po skončení prací musí pracovník opustit chráněný prostor dříve, než robot bude přepnut na automatický provoz. Dále se provede kontrola bezchybné funkce ochranných zařízení. [49]

7.5 Analýza rizik

Sestavená analýza rizik řešena pro implementaci této finální varianty řešení je součástí přílohy I: analýza rizik pro finální variantu. [18]

7.6 Návrh programování

Zajištění naprogramování pro správné vykonávání pracovní úlohy je možné zajistit dvěma následujícími způsoby:

- on-line programováním. Tato metoda umožňuje interakci mezi člověkem a robotem. Programátor navádí robota přes požadované manipulační body, které jsou zapisovány do řídicího jednotky robotu. V dalším kroku je vyřešeno řízení koncového efektoru. Robot vykonává všechny úlohy pomocí přenosného ovládacího panelu, jedná se o tzv. teach-pendant. Mezi výhody této metody patří práce v reálném prostředí, kdy programátor vidí funkci robotu z bezprostřední blízkosti a zná jeho trajektorii. Nevýhodou je pak relativně dlouhá doba programování a nutnost zastavení výroby robotického pracoviště.
- Druhým způsobem je metody off-line programování. Tato metoda vychází z programování ve 3D virtuální simulaci jakéhokoliv robotizovaného pracoviště. Pracoviště se tedy programuje nezávisle na konkrétním pracovišti. Programátor se tedy nemusí nacházet v blízkosti robotu. Díky poznatkům z pracovní činnosti je tak možné pracovní úlohu v průběhu dále optimalizovat, upravovat chod robotu, sledovat časy, dráhy apod. Výhodou je tedy možnost vytvářet a optimalizovat pracovní úlohu robotu i za dobu činnosti robotického zařízení. Nevýhodami jsou další investice a relativně delší pracovní proces.

Naprogramování celého systému, tzn. průmyslového robotu, lineárního pojezdu a bezpečnostních opatření, by mělo být provedeno profesionálem. Důležité je propojení řídicí jednotky nových prvků a stávající řídicí jednotky, která obsluhuje funkci karuselového pracoviště. [50]

7.7 Zhodnocení nákladů

Tato sekce se zabývá konkrétnější kalkulací všech nákladů spjatých s realizací finální varianty, viz tabulky níže (tab 7.1, tab 7.2 a tab 7.3). Výše větší části položek byla odhadnuta. Cena robotu, řídicí jednotka a vedení byla zjištěna u zástupců dodavatelů.

Označení	Název	Výrobce	Počet kusů	Cena(CZK)/MJ	Cena(EUR)/MJ
1	PR FANUC M-710iC/50T	FANUC	1	1 174 500 Kč	43 500 €
2	ŘJ FANUC R-30iB	FANUC	1	(již v ceně robotu)	(již v ceně robotu)
3	Güdel lineární pojezd	GÜDEL	1	810 000 Kč	30 000 €
4	Kabely	Obecný	1	15 000 Kč	556 €
5	Konzoly	Obecný	1	3 000 Kč	111 €
6	Spojovací materiál	Obecný	1	1 500 Kč	56 €
7	Bezpečnostní prvky (pasivní)	Obecný	1	60 000 Kč	2 222 €
8	Bezpečnostní prvky (aktivní)	Obecný	1	80 000 Kč	2 963 €
9	Efektor, čelisti	Obecný	1	200 000 Kč	7 407 €

Tabulka 7.1: Náklady finální varianty

Označení	Název	Cena(CZK)/MJ	Cena(EUR)/MJ
1	Cena dodávky BRUTTO	2 344 000 Kč	86 815 €
2	Cena montáže	80 000 Kč	2 963 €
3	Cena programování	90 000 Kč	3 333 €
4	Cena zaškolení obsluhy	(již v ceně robotu)	(již v ceně robotu)
5	Cena konstruktéra pro možné úpravy	30 000 Kč	1 111 €
6	Cena dodávky a montáže elektro materiálu	25 000 Kč	926 €
7	Analýza rizik	15 000 Kč	9 259 €
8	Nepředpokládané výdaje	250 000 Kč	556 €

Tabulka 7.2: Dodatečné náklady finální varianty

Označení	Název	Cena(CZK)/MJ	Cena(EUR)/MJ
1	Cena celkem	2 834 000 Kč	104 963 €

Tabulka 7.3: Celkové náklady finální varianty

Návrh tohoto projektu robotizace stávajícího pracoviště je založen primárně na potřebě zvýšení ergonomie pracovní činnosti transportem vaků. Z toho důvodu je cenová důležitost druhou prioritou.

8. Pokyny pro provoz a údržbu

Pravidelná a plánovaná údržba je nutná z hlediska předcházení možnosti výpadků a havárií. Ty mohou být způsobeny vznikajícím opotřebením, stárnutím, korozí a znečištěním. Problémy jsou zpravidla spojeny s vysokými náklady za opravu a s dlouhodobým odstavením stroje, což má za následek ušlý zisk.

Pravidelné údržbové práce jsou nezbytnou podmínkou pro spolehlivý chod stroje a jeho dlouhodobou životnost a také k bezproblémovému provozu a zajištění výroby podle pracovního harmonogramu.

Pro obsluhu a také údržbu smí být pověřeny jen osoby pro tuto činnost zaškolené (zaškolení provede výrobce, dodavatel, případně osoba odpovědná za provoz a technický stav zařízení). Manipulátor je možné používat jen pro účel, ke kterému byl zkonstruován.

Uživatel je odpovědný za technický stav a bezpečný provoz zařízení.

8.1 Pravidla pro údržbu

Po provedení každé údržby je nutné provést zápis do plánu údržby „Zařízení pro transport forem: Plán údržby“. Zápis musí být odevzdán ke konci měsíce vedoucímu údržby. Preventivní údržbu je vhodné vykonat před začátkem každé pracovní směny.

Preventivní údržba a inspekce

- Kontrola spojů
- Kontrola kabelů
- Kontrola mazání
- Kontrola celkového stavu

Měsíční údržba a inspekce

- Čištění lineárního vedení
- Kontrola přívodních kabelů
- Dotážení šroubů
- Kontrola, zda vedení operuje bez odporu

Půlroční údržba a inspekce

- Kontrola celku
- Kontrola pojezdu
- Dotážení šroubů
- Kontrola ramen

Roční údržba a inspekce

- Revize a případná výměna kabelů
- Revize el. součástí
- Kontrola celku

Při zjištění běžné závady, zaměstnanec informuje pověřenou osobu (vedoucího údržby). V případě vážnější poruchy informuje vedoucího výroby před započítím oprav.

8.2 Informační tabulky

Pro zajištění snížení rizik bezpečnosti práce a pro dostatečné informování obsluhujících operátorů se využívají informační tabulky. Ty jsou umístěny na viditelných místech. Každý typ má své náležitosti.

První skupinou jsou tzv. zákazové bezpečnostní tabulky, které se používají k vyznačení prostor pro prevenci rizik bezpečnosti práce. Označení bezpečnostními tabulkami nařizují právní předpisy (n.v. 101/2005 Sb., 591/2007 Sb.). Pro použití v rámci robotického pracoviště byly navrženy následující typy tabulek: [58]

- Za provozu vstup zakázán
- Mazání a čištění za provozu zakázáno
- Nevstupuj do pracovního prostoru stroje
- Zákaz nedovolené manipulace s elektrickým zařízením

Následující skupinou jsou tzv. výstražné bezpečnostní tabulky, ty upozorňují na možná rizika bezpečnosti v prostoru nebo bezpečnostní rizika zařízení. Použití bezpečnostní tabulky s výstrahou je předepsáno mnoha obecně závaznými právními předpisy a normami. (např. n.v. c. 406/2004 Sb.). Rovněž pro tuto aplikaci bylo navrženo použití následujících typů: [58]

- Pozor elektrické zařízení
- Nevstupuj do pracovního prostoru stroje
- Nesahat! Nebezpečný prostor stroje
- Neotvírej za chodu
- Nebezpečí rozdrcení rukou
- Pozor nebezpečí zásahu pohyblivou částí
- Výstraha nebezpečí rozmačkání

Další skupinou jsou tzv. příkazové bezpečnostní tabulky. Tato kategorie bezpečnostních tabulek přikazuje činnost nebo chování směřující k bezpečnosti. Bylo navrženo použití následujících typů: [58]

- Vypni v nebezpečí
- Zařízení smí obsluhovat jen pověřený pracovník
- Opravuj, čisti a seřizuj jen zajištěný stroj v klidu
- Používej ochranné pracovní pomůcky
- Dbejte zvýšené opatrnosti v tomto prostoru

9. Legislativa

Z hlediska ochrany zdraví osob včetně majetku byly ustanoveny pravidla, kterými se musí řídit jak výrobci, tak i uživatelé strojního zařízení.

I přes vydané regulace platící pro Českou republiku, vyšly v platnost směrnice platící na území Evropské unie, vydané a upravované Radou evropského společenství. Tyto směrnice jsou nezávislé na aktuální politice členských států, které jsou povinny je respektovat. Směrnice jsou dále závazné i pro státy, které nejsou členy Evropské unie, ale mají zájem do tohoto prostoru stroje dovážet. [51]

9.1 Legislativa v České republice

Během roku 2006 byla schválena tzv. Nová směrnice pro stroje (2006/42/EG, v ČR NV č.176/2008 Sb.). Od 29. 12. 2009 tak plně nahradila tzv. Starou směrnici pro stroje (98/37/eg, v ČR NV č.24/2003 Sb.). [51]

Nařízení č.176/2008 Sb. o technických požadavcích na strojní zařízení (se změnami: 170/2011 Sb., 229/2012 Sb.) se obrací na výrobce, včetně prodejců strojních zařízení. Směrnice definuje také bezpečnostní požadavky na strojní zařízení pro zajištění dostatečné ochrany zdraví jeho uživatelů. [51]

Pro zajištění bezpečného provozu stroje bylo vydáno nařízení vlády č. 378/2001 Sb. ze dne 12. 9. 2001, stanovující bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a náradí. Nařízení je v souladu s právem Evropské unie. [51]

K dalším důležitým nařízením a zákonům patří zákon č. 226/2003 Sb. týkající se technických požadavků na výrobky, nařízení vlády č. 24/2003 Sb. stanovující technické požadavky na strojní zařízení, zákon č. 262/2006 Sb., který je zákoníkem práce. Dále předpis 89/2012 Sb. o odpovědnosti za škodu způsobenou případnou vadou výrobku, který od 1. 1. 2014 ruší platnost předchozího předpisu 209/2000 Sb. [51]

9.2 Normy

Normy nejsou vytvářeny úřady a ani vládou. Jsou tak specifickou položkou v seznamu bezpečnostních regulí. Normy jsou vytvářeny příslušnými normalizačními organizacemi jako například ISO, IEC, CEN atd. Nejde tedy o legislativní pravidla, ale o pomoc při jejich dodržování. [51]

9.3 Struktury bezpečnostních norem

V České Republice o organizaci norem a související problematice stará Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Tento úřad tak vydává normy, které jsou v souladu s českou legislativou. Normy jsou často převzaté z norem evropských, díky tomu se jedná o normy jednotné v rámci Evropy. Obecně jsou rozlišovány následující tři typy norem. [51] [52]

9.3.1 Normy typu A

Pod touto normou jsou uvedeny tzv. základní bezpečnostní principy (normy). Jedná se o všeobecné zásady pro konstrukci a základní pojmy, které mohou být aplikovány na všechna strojní zařízení. Všechny tyto uvedené informace jsou upravovány normou ČSN EN ISO 12100 Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizik a snižování rizika. [51] [52]

Mezi kontrolovanými riziky patří například rizika mechanická, elektrická, termická. Dále rizika v důsledku zvýšeného hluku a vibrací apod.

Při navrhování těchto bezpečnostních principů se vychází ze základních životních fází stroje, což jsou: transport a montáž, uvedení do provozu, provoz, údržba, odstavení, demontáž a likvidace.

9.3.2 Normy typu B

Tato skupina pojednává o tzv. skupinových bezpečnostních normách. Tyto normy se zabývají jedním bezpečnostním zařízením, případě jedním bezpečnostním hlediskem, které může být využito pro větší počet strojních zařízení.

Normy typu B se dále dělí na dvě následující podskupiny:

- Normy B1 – jedná se o normy, které se týkají jednotlivých bezpečnostních hledisek (například bezpečné vzdálenosti, míry hlučnosti, teploty atd.). Do této podskupiny patří následující normy:
 - EN ISO 13857 Bezpečné vzdálenosti
 - EN ISO 13855 Umístění ochranných zařízení s ohledem na rychlost přiblížení
 - EN ISO 13849-1 Bezpečnostní části ovládacích systémů [51]

- Normy B2 – norma popisuje jednotlivé skupiny bezpečnostních zařízení (například zařízení citlivé na tlak, ochranné kryty, blokovací zařízení a nebo dvouruční ovládací zařízení apod.)
Do této podskupiny patří následující normy:
 - EN ISO 13850 Nouzové zastavení
 - EN ISO 14119 Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty
 - EN 574 Dvouruční ovládání [51]

9.3.3 Normy typu C

Skupina vychází z bezpečnostních norem určených pro stroje. Určují tak detailní bezpečnostní požadavky pro stroj nebo skupinu strojů.

Do této podskupiny patří následující normy:

- EN 692 Mechanické lisy,
- EN 693 Hydraulické lisy,
- EN ISO 10218-1,2 Průmyslové roboty,
- EN 12417 Obráběcí a tvářecí stroje,
- EN 201 Vstřikovací stroje,
- EN 528 Regálové zakladače atd. [51]

9.4 Normy související s robotizovanými pracovišti

Jak již bylo zmíněno, hlavní normou pro robotizovaná pracoviště je ČSN EN ISO 12100. Toto ustanovení upravuje terminologii a zásady nutné pro dosažení dostatečné úrovně bezpečnosti při konstrukci strojního zařízení.

Další podstatnou, a již zmíněnou, normou ČSN EN ISO 10218, která specifikuje požadavky na bezpečnost průmyslových robotů. Ta se dále dělí na dvě následující části:

- ČSN EN ISO 10218-1, který je určena pro roboty,
- ČSN EN ISO 10218-2, část určena pro robotické systémy a jejich integraci.

Mezi další normy související s bezpečnostní robotizovaných pracovišť patří ČSN EN ISO 13850, která upravuje konstrukční zásady pro funkci nouzového zastavení. A dále ČSN EN ISO 13857, která informuje ohledně hodnot bezpečných vzdáleností pro zamezení přístupu k nebezpečným prostorům strojního zařízení. [51] [52]

10. Závěr

Cílem diplomové práce bylo analyzovat stávající pracoviště pro rozebírání forem a následně posoudit jeho možnosti robotizace.

V úvodní části této diplomové práce byla uvedena analýza současného stavu výrobní linky. Byl popsán pracovní postup při výrobě nálevek, celkový provoz pracoviště včetně jeho parametrů. Dále byly uvedeny informace o samotném výrobku, včetně jeho způsobu použití.

Na základě těchto informací, a jednání se zástupcem společnosti, byly navrženy čtyři varianty řešení ve formě dispozičních studií, které následně byly analyzovány především z hlediska rizik a bezpečnosti práce.

První varianta vychází z použití průmyslového robotu, což má za následek úměrně vysokou úroveň bezpečnosti. Druhá varianta je použití spolupracující robotu, u kterého nároky na bezpečnost nejsou tak vysoké, ovšem zařízení je omezeno relativně malou nosností. Základem další, třetí varianty je použití teleoperátoru. Zde jsou nároky na bezpečnost srovnatelné s průmyslovým robotem, navíc vzniká požadavek na obsazení místa operátora teleoperátoru. Podstatou poslední varianty je rovněž průmyslový robot, který je ovšem doplněn o laserové skenery.

Následně byly všechny varianty zhodnoceny pomocí kritériální analýzy. Jako výsledná optimální varianta byla určena varianta číslo jedna, respektive použití průmyslového robotu.

V další části diplomové práce byla detailněji popsána optimální varianta. Pro tuto aplikaci byly charakterizovány jednotlivé použité zařízení. Navíc k průmyslovému robotu bylo navrženo použití lineárního pojezdu, díky kterému bude mít robot větší pracovní prostor a bude tak moci obsloužit všechna čtyři pracoviště. Dále byla popsána pracovní úloha manipulátoru vzhledem ke stávajícímu pracovnímu cyklu karuselového pracoviště. Na základě použití průmyslového robotu, byly navrženy příslušné bezpečnostní prvky. Byla vyhotovena analýza rizik včetně navržených opatření pro snížení rizika. Dále byly nastíněny možnosti programování pracoviště a v závěru potom byla uvedena přibližná cenová kalkulace pro realizaci pracoviště. Celá sestava byla vymodelována do 3D modelu.

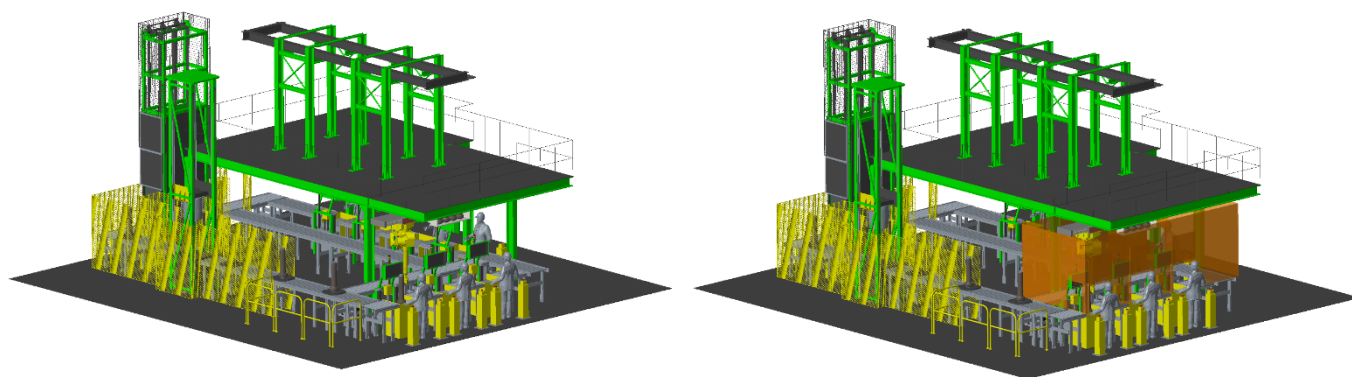
V další kapitole jsou popsány doporučené, obecné, pravidla pro provoz a údržbu zařízení. A také použití doporučených informačních tabulek.

V samotném závěru byly uvedeny základní informace a normy týkající se legislativy spojené s provozováním strojních zařízení.

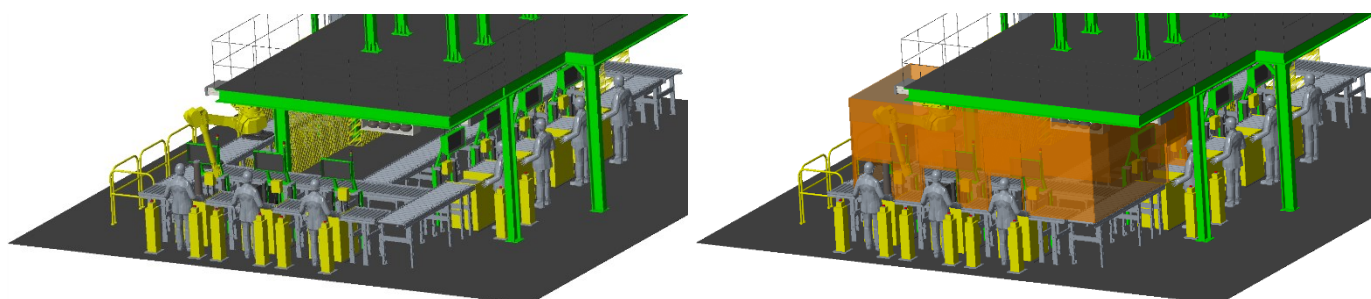
Součástí přílohy je výkresová dokumentace pracoviště, fotodokumentace objektů manipulace, datasheety robotů a analýzy rizik. Dále pak 3D model ve formátu STEP.

Další možnosti a náměty pro řešení

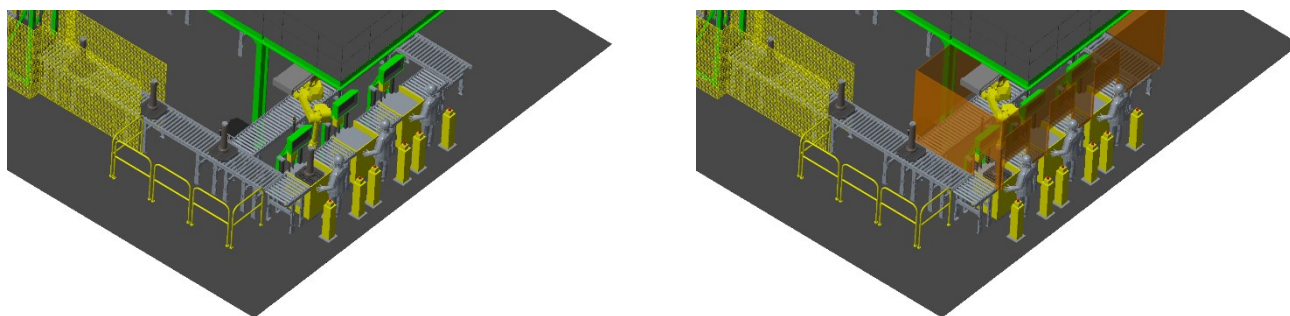
- Systém řízení pracoviště ve spolupráci s řízením karuselového pracoviště.
- Automatický mezioperační zásobník.
- Analýza použití dvou průmyslových robotů na místo použití jednoho průmyslového robotu a lineárního pojezdu.



Obrázek 10.1: Pohled na pracoviště



Obrázek 10.2: Pohled na pracoviště



Obrázek 10.3: Pohled na pracoviště

Seznam použité literatury

- [1] PALOVČÍK, Andrej, Sandvik COROMANT a Nikki STOKES. Zvyšování efektivity soustružení: Dosažení správné rovnováhy. MM Průmyslové spektrum [online]. Přípotoční 1519/10a, 101 00 Praha 10, Česká republika: MM publishing, 2014 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.cnckonstrukce.cz/clanek-118/zvysovani-efektivita-soustruzeni.html>
- [2] RUBINGER, Jack. Štíhlé výrobní procesy: Zaměřte se na ztrátové časy a nevyužité prostory kolem sebe [online]. Mánesova 536 737 01 Český Těšín, Česká republika: Trade Media International, 2014 [cit. 2017-05-10]. Dostupné také z: <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artikuly/artikul/article/stihle-vyrobn-procesy-zamerte-se-na-ztratove-casy-a-nevyuzite-prostory-kolem-sebe/>
- [3] LENFELD, Petr. Technologie tváření práškových kovů: Lisování. Studentská 1402/2 461 17 Liberec: Technická univerzita Liberec - Fakulta strojní - Katedra strojírenské technologie - Oddělení tváření kovů a plastů [online], c2001-2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné také z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/12.htm
- [4] Co je RFID: Základní informace o technologii RFID [online]. Evropská 37 160 00 Praha 6 – Dejvice, Česká republika: Logio, 2006 [cit. 2017-05-10]. Dostupné také z: http://www.rfidportal.cz/index.php?page=rfid_obecne
- [5] ISO9001 Dummy - Bar Continuous Casting Machine for carbon structural steel. In: EVERYCHINA [online]. c2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://billetccm.sell.everychina.com/p-96358068/showimage.html>
- [6] Continuous Casting. In: Jd-met [online]. China: Beijing Jinda Taigang Co., Ltd / Beijing Jinda Union Co., c2010 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.jd-met.com/webcontent/?pageID=95>
- [7] Continuous Casting Machine: Horizontal continuous casting machine process for casting billet with ladle turret. In: Splicd [online]. c2009-2016 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://billetccm.buy.splicd.com/pz50ce860-horizontal-continuous-casting-machine-process-for-casting-billet-with-ladle-turret.html>
- [8] KOVAŘÍK, Václav. Pryž (guma): Přírodní pryž. Označení: NR. Strand [online]. Chrstenice 161, 267 12 Loděnice u Berouna, Česká republika: Strand [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://strand.cz/dokumenty/pryz/>

[9] M-710iC/50T: Víceúčelový robot s vrchní montáží. In: FANUC [online]. FANUC Czech s.r.o., U Pekařky 1A/484, 180 00 Praha 8 – Libeň, Česká republika [cit. 2017-05-10].

Dostupné z:

<http://www.fanuc.eu/~media/corporate/products/robots/m710/generic/400x600/int-ro-pr-m71050t-r-1.jpg?w=400>

[10] M-710iC/50T: Víceúčelový robot s vrchní montáží. In: FANUC [online]. FANUC Czech s.r.o., U Pekařky 1A/484, 180 00 Praha 8 – Libeň, Česká republika [cit. 2017-05-10].

Dostupné také z:

<http://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/str%C3%A1nka-filtru-robot%C5%AF/%C5%99ada-m-710/m-710ic-50t?returnurl=http%3A%2F%2Fwww.fanuc.eu%2Fcz%2Fcs%2Froboty%2Fstr%25C3%25A1nka-filtru-robot%25C5%25AF%23%3Ft%3Dc1494f783e1f441a8472ab688bf9ca08%2C1fc42cb423f2445bb0da1ea4a885389a>

[11] M-710iC/50T: Víceúčelový robot s vrchní montáží. In: FANUC [online]. FANUC Czech s.r.o., U Pekařky 1A/484, 180 00 Praha 8 – Libeň, Česká republika [cit. 2017-05-10].

Dostupné z:

<http://www.fanuc.eu/~media/corporate/products/robots/m710/m710-50t/400x400/m710ic-50t-robot-tending-machine-banner.jpg?w=400>

[12] FANUC Industrial Robot Controllers: SYSTEM R-30iB Controller. In: FANUC [online]. FANUC [cit. 2017-05-10]. Dostupné z:

<http://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/p%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD/%C5%99%C3%ADdic%C3%AD-jednotka-r-30ib>

[13] FANUC Industrial Robot Controllers: SYSTEM R-30iB Controller. In: FANUC [online]. FANUC [cit. 2017-05-10]. Dostupné z:

http://robot.fanucamerica.com/products/controls/Images/R-30iB_A-Cab_white.jpg

[14] METODY ANALÝZY RIZIK. Jindřichův Hradec: Městský úřad Jindřichův Hradec, c2011, 4 s [cit. 2017-05-10]. Dostupné také z:

<https://www.jh.cz/filemanager/files/file.php?file=132160>

[15] BERNATÍK, Aleš. Analýza nebezpečí a rizik: Městský úřad Jindřichův Hradec, [online] 2016, 20 s [cit. 2017-05-10]. Dostupné také z:

https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/U3V/cs/materialy/U3V_AnalyzaRizik.pdf

[16] KOUDELKA, Ctirad a Václav VRÁNA. Analýza nebezpečí a rizik. Ostrava, [online] 2006, 17 s [cit. 2017-05-10]. Dostupné také z:
https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/U3V/cs/materialy/U3V_AnalyzaRizik.pdf

[17] PĚTVALDSKÝ, Tomáš Pětvaldský. PP BP/01: Metodika k provádění systematické analýzy rizik pracovních úrazů a poškození zdraví. ArcelorMittal Ostrava, a. s. Vratimovská 689/117, 707 02 Ostrava, Česká republika, 2009, 11 s, [cit. 2017-05-10]. Vnitropodniková dokumentace. Dostupné také z:
<http://portal-cz/utvar/RB/DokumentyBezpecnostiPraceStr/PracovniPostupy.html>

[18] GREGOR, Petr. Analýza rizik. Ostrava: ArcelorMittal Ostrava, a. s., 2009. Vratimovská 689/117, 707 02 Ostrava, Česká republika [cit. 2017-05-10]. Vnitropodniková dokumentace. Dostupné také z:
<http://portal-cz/utvar/RB/DokumentyBezpecnostiPraceStr/PracovniPostupy.html>

[19] Jste připraveni na kolegu robota? Kolaborativní roboty otevírají nové obchodní příležitosti: tisková zpráva. FeedIT.cz [online]. Daniel Dočekal, 2016 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://feedit.cz/2016/05/23/jste-pripraveni-na-kolegu-robota-kolaborativni-roboty-oteviraji-nove-obchodni-prilezitosti/>

[20] CR-35iA: Collaborative robot CR-35iA. In: FANUC [online]. FANUC [cit. 2017-05-10]. Dostupné z:
<http://www.fanuc.eu/~media/corporate/products/robots/collaborative/cr35ia/400x400/fea-pr-cr35ia-r-4.jpg?w=400>

[21] CR-35iA: spolupracující robot. In: FANUC [Datasheet]: Pekařky 1A/484, 180 00 Praha 8. FANUC Czech s.r.o. [cit. 2017-05-10].

[22] Mobilné teleoperátory/roboty: Ťažké hydraulické teleoperátory. In: ZTS VVÚ KOŠICE a.s. [online]. Južná trieda 95, 041 24 Košice: ZTS VVÚ KOŠICE [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.ztsvvu.eu/?id=52&ni=27><http://www.ztsvvu.eu/?id=50&ni=23>

[23] Mobilné teleoperátory/roboty: Ťažké hydraulické teleoperátory. In: ZTS VVÚ KOŠICE a.s. [online]. Južná trieda 95, 041 24 Košice: ZTS VVÚ KOŠICE [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.ztsvvu.eu/imgcache/e-img-594.jpg>

[24] Manipulátor MT 80A. In: ZTS VVÚ KOŠICE a.s. [Datasheet]. Južná trieda 95, 041 24 Košice: ZTS VVÚ KOŠICE [cit. 2017-05-10].

[25] Technologické manipulátory a roboty: Manipulačné rameno MT – 80. In: ZTS VVÚ KOŠICE a.s. [online]. Južná trieda 95, 041 24 Košice, Slovenská republika: ZTS VVÚ KOŠICE [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.ztsvvu.eu/imgcache/e-img-417.jpg>

[26] Bezpečnostní systémy - Skenery: Bezpečnostní laserový skener PHARO, In: REM Industrial and Building Automation. Klíny 35, CZ-615 00 Brno, Česká republika: REM-Technik. Dostupné také z: <https://www.rem-technik.cz/bezpecnostni-systemy/skenery/bezpecnostni-laserovy-skener-pharo-787.html>

[27] Laserové skenery, monitoring, speciální aplikace: 3D laserové skenery – přehled. In: GEFOS. Kunderatka 17 180 82 Praha 8 – Libeň, Česká republika. GEFOS. Dostupné také z: <http://www.gefos-leica.cz/cz/leica/produktyl/79/3d-laserove-skenery-prehled>

[28] Bezpečnostní laserové skenery: S3000 Professional. In: SICK Sensor Intelligence [online]. Ukrajinská 2a 101 00 Praha 10 – Vršovice: SICK spol. s r.o., c2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/product-portfolio/opto-electronic-protective-devices/safety-laser-scanners/s3000-professional/c/g187229>

[29] Bezpečnostní laserové skenery: S3000 Professional. In: SICK Sensor Intelligence [online]. Ukrajinská 2a 101 00 Praha 10 – Vršovice, Česká republika: SICK spol. s r.o., c2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.sick.com/media/220/5/85/085/IM0051085.png>

[30] Customizable Protection: Flexible Mounting. In: KEYENCE [online]. 500 Park Boulevard, Suite 200, Itasca, IL 60143, U.S.A.: KEYENCE CORPORATION OF AMERICA, c2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: http://www.keyence.com/Images/sz_ws_sr46099_feature1_2_6_1547400.jpg

[31] Customizable Protection: Application Example 1: Replacing Safety Mats. In: KEYENCE [online]. 500 Park Boulevard, Suite 200, Itasca, IL 60143, U.S.A.: KEYENCE CORPORATION OF AMERICA, c2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: http://www.keyence.com/Images/sz_ws_sr46099_feature1_2_3_1490047.jpg

[32] Customizable Protection: Application Example 1: Replacing Safety Mats. In: RobotWorx a SCOTT company [online]. 370 W Fairground St, Marion, OH 43302: RobotWorx, c2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: https://www.robots.com/images/robots/original/dsc_0014-06-19-2009_1.jpg

[33] LINEAR AXIS AND GANTRIES: 1-Axis Linear Modules. In: Güdel [online]. Holandská 4 63900 Brno Czech Republic: Güdel, c2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.gudel.com/products/linearaxis/ep>

[34] LINEAR AXIS AND GANTRIES: 1-Axis Linear Modules. In: Güdel [online]. Holandská 4 63900 Brno, Česká republika: Güdel, c2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: http://www.gudel.com/website/var/tmp/image-thumbnails/0/411/thumb__homeCarousel/tmf_teaser.png

[35] BAŽATA, Jiří. FANUC Czech s.r.o., U Pekařky 1A/484, 180 00 Praha 8 – Libeň, Česká republika, 25. 4. 2017

[36] JAŠÍČEK, Radek. Güdel a.s., Holandská 4 63900 Brno, Česká republika, 5.1. 2017

[37] KOZUBÍK, Jiří. Aplikace průmyslových robotů v oblasti svařování. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulty strojíního inženýrství. Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Doc. Ing. RADEK KNOFLÍČEK, Dr.

[38] VOJÁČEK, Antonín. Automatizace: Nouzové zastavení stroje. Volba a použití tlačítek E-STOP. In: Automatizace.hw.cz [online]. Formanská 296, 149 00 Praha 4 – Kateřinky, Česká republika: HW server, c1997-2014 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju-komponenty/nouzove-zastaveni-stroje-volba-a-pouziti-e-stop-tlacitek.html>

[39] VOJÁČEK, Antonín. Automatizace: Nouzové zastavení stroje. Volba a použití tlačítek E-STOP. In: Automatizace.hw.cz [online]. Formanská 296, 149 00 Praha 4 – Kateřinky, Česká republika: HW server, c1997-2014 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: http://automatizace.hw.cz/files/styles/full/public/story_automat/11108/leuze_estop.jpg

[40] Oplocení Satech: Ochranný systém Satech. In: SCHMACHTL [online]. Vídeňská 185 252 50 Vestec: SCHMACHTL CZ SPOL. S R.O [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.schmachtl.cz/oploceni>

[41] Oplocení Satech: Ochranný systém Satech. In: SCHMACHTL [online]. Vídeňská 185 252 50 Vestec: SCHMACHTL CZ SPOL. S R.O [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: http://www.schmachtl.cz/web_get_img_data?aID=1640869

[42] Ochranné a pracovní pomůcky: Oplocení skladových prostor (Axelent Store). In: SCHMACHTL [online]. Jankovcova 1595/14 170 00 Praha 7, Česká Republika: Mecalux Česká republika, c2000-2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.logismarket.cz/haberkorn-ulmer/oploceni-skladovych-prostor/1512052953-947644798-p.html>

[43] Ochranné a pracovní pomůcky: Oplocení skladových prostor (Axelent Store). In: SCHMACHTL [online]. Jankovcova 1595/14 170 00 Praha 7, Česká Republika: Mecalux Česká republika, c2000-2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.logismarket.cz/ip/haberkorn-ulmer-oploceni-skladovych-prostor-oploceni-skladovych-prostor-475603-FGR.jpg>

[44] MIHOLA, Milan. ROBOTIKA: Přehled stávajících průmyslových robotů, oblastí jejich použití, bezpečnost a normy. Ostrava, 2013. Studijní materiál. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

[45] Bezpečnostní průmyslové komponenty: Bezpečnostní světelné clony, mříže a závory. In: Contra [online]. Nádražní 1297/19, 664 51 Brno-Šlapanice, Česká Republika: CONTRA, c2010 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: http://www.contra-brno.cz/images/produkty/45_fiessler-clona.jpg

[46] Safety Mats: Mat Tek Diamond Non-Slip Mat Black and Yellow 600 x 900mm. In: Contra [online]. 236-262 East Boundary Road East Bentleigh, VIC 3165, Australia: Officeworks, c2008-2017 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: https://s3-ap-southeast-2.amazonaws.com/wc-prod-pim/JPEG_300x300/KEDF23YEL_mattek_cso_ke_diamond_foot_mat_600x900_bk_black.jpg

[47] Bezpečnostní systémy: LED signalizační maják LD6A, zvukový alarm. In: REM shop [online]. Klíny 35, CZ-615 00 Brno, Česká republika: REM-Technik [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.rem-shop.cz/bezpecnostni-systemy/signalizace/led-signalizacni-majaky/led-signalizacni-majak-ld6a-zvukovy-alarm-279.html>

[48] Bezpečnostní systémy: LED signalizační maják LD6A, zvukový alarm. In: REM shop [online]. Klíny 35, CZ-615 00 Brno, Česká republika: REM-Technik [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.rem-shop.cz/foto/1000-700/279-282-signalizacni-majaky-ld6a.png>

[49] Hlavní zásady bezpečnosti pro obsluhu robotizovaných pracovišť a programování průmyslových robotů [online]. In: . Školní 561, 742 42 Šenov u Nového Jičína, Česká republika: Dřevoplast výrobní družstvo v Novém Jičíně [cit. 2017-05-10].

[50] DVOŘÁK, Radim. Programování průmyslových robotu KUKA. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulty strojního inženýrství. Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Ing. Aleš Pochylý.

[51] BALÁKOVÁ, Marie. Bezpečnostní systémy pro pracoviště s průmyslovými roboty. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulty strojního inženýrství. Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Ing. Aleš Pochylý.

[52] MLČÁK, Tomáš. Bezpečnostní technika strojů. Ostrava, 2009. Studijní text. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky,

[53] IONUT, Bogdan. Roller conveyor: 3D Model. 9 Camp St 2nd Floor Cambridge, MA 02140 USA, 7665 Commerce Way Eden Prairie, MN 55344, USA: GrabCAD, 2015.

[54] O'DONOGHUE, Gerard. ERNIE Maintenance Avatar: 3D Model. 9 Camp St 2nd Floor Cambridge, MA 02140 USA, 7665 Commerce Way Eden Prairie, MN 55344, USA: GrabCAD, 2014.

[55] NUNAMAKER, Austin. Fanuc R-30iB A-Controller: 3D Model. 9 Camp St 2nd Floor Cambridge, MA 02140 USA, 7665 Commerce Way Eden Prairie, MN 55344, USA: GrabCAD, 2016.

[56] HLÁVKA, Zbyněk. ArcelorMittal Ostrava, a. s., Vratimovská 689/117, Ostrava-Kunčice, Česká republika, 19. 4. 2015

[57] POLLEČ, Tomáš. Vesuvius Česká Republika, a.s., Průmyslová 715, 739 61 Třinec, Česká republika, 24. 2. 2015

[58] E-SafetyShop.eu: Bezpečnostní tabulky a výrobky pro bezpečnost [online]. Pohraniční 104, 703 00 Ostrava, Česká republika: Traiva, c2007-2016 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <https://www.e-safetyshop.eu/>

[59] KRNÁČ, Martin. ArcelorMittal Ostrava, a. s., Vratimovská 689/117, Ostrava-Kunčice, Česká republika, 19. 4. 2015

Seznam obrázků

Obrázek 3.1: Keramické nálevky	13
Obrázek 3.2: Kontinuální odlévání.....	14
Obrázek 3.3: Umístění nálevek v rámci zařízení	14
Obrázek 3.4: Pozice nálevek po startu odlévání.....	15
Obrázek 3.5: Schématický nákres pracoviště	16
Obrázek 3.6: Pohled na rozebírací stoly	16
Obrázek 3.7: Sypání práškové směsi do jádra formy.....	17
Obrázek 3.8: Zajištění již nasazeného svrchního vaku	17
Obrázek 3.9: Lisovací komplex	18
Obrázek 3.10: Zbavení forem přebytečné vody	19
Obrázek 3.11: Jeřábová manipulace s výrobkem	20
Obrázek 3.12: Formovací zařízení na segmentu	21
Obrázek 3.13: Pohled na vybavení pracoviště.....	22
Obrázek 3.14: Flexibilní vaky s naznačenými místy pro úchop	23
Obrázek 3.15.....	24
Obrázek 4.1: Příklad běžného provozu linky.....	26
Obrázek 5.1: Stávající karuselové pracoviště	27
Obrázek 5.2: Průmyslový robot M-710iC/50T	28
Obrázek 5.3: Svrchní montáž robotu M-710iC/50T	29
Obrázek 5.4: Řídící jednotka R-30iB	29
Obrázek 5.5: Rozhodovací kritéria pro volbu míry pravděpodobnosti vzniku nehody.....	31
Obrázek 5.6: Spolupracující robot FANUC CR-35iA.....	36
Obrázek 5.7: Teleoperátor THM 500	40
Obrázek 5.8: Teleoperátor MT 80A	41
Obrázek 5.9: Detail ramena teleoperátoru MT 80.....	41
Obrázek 5.10: Průmyslový robot M-710iC/50T	45
Obrázek 5.11: Bezpečnostní laserový skener S3000 Professional	45
Obrázek 5.12: Zajištění bezpečnosti horizontální detekcí	46
Obrázek 5.13: Příklad aplikace laserového skeneru	46
Obrázek 7.1: Příklad svrchní instalace průmyslového robotu	59
Obrázek 7.2: Lineární pojezdová kolejnice	60
Obrázek 7.3: Celkový pohled na výsledné pracoviště.....	61
Obrázek 7.4: Upevnění lineárního pojezdu k platformě	61
Obrázek 7.5: Pohled na pracoviště s umístěným robotem.....	62
Obrázek 7.6: Pohled na pracoviště s umístěným robotem.....	62
Obrázek 7.7: Pohled na pracoviště s umístěným robotem včetně bezp. ...	63
Obrázek 7.8: Umístění řídicí jednotky	63

Obrázek 7.9: Mezioperační zásobník	64
Obrázek 7.10: Fáze demontáže stahovacích pásek operátorem	65
Obrázek 7.11: Fáze zabezpečeného pracoviště a provozu robotu u stolu č. 5	66
Obrázek 7.12: Pohled na pracoviště č. 1 s otevřenou zábranou	66
Obrázek 7.13: Pohled na rozebírací stoly a průmyslový robot	67
Obrázek 7.14: Detail použití laserového skeneru	67
Obrázek 7.15: Tlačítko STOP nouzového zastavení	69
Obrázek 7.16: Ochranný systém oplocení	69
Obrázek 7.17: Dveře s elektromechanickým zámekem	70
Obrázek 7.18: Optická závora	70
Obrázek 7.19: Laserový skener	70
Obrázek 7.20: Nášlapná rohož	71
Obrázek 7.21: Signalizační maják	71
Obrázek 10.1: Pohled na pracoviště	83
Obrázek 10.2: Pohled na pracoviště	83
Obrázek 10.3: Pohled na pracoviště	83

Seznam použitých tabulek

Tabulka 5.1: Stupně závažnosti nehod	32
Tabulka 5.2: Matice pravděpodobnosti a závažnosti rizika	33
Tabulka 5.3: Typy nápravných opatření.....	33
Tabulka 5.4: Náklady varianty č.1.....	35
Tabulka 5.5: Celkové náklady varianty č.1	35
Tabulka 5.6: Vyhodnocení kladů a záporů varianty č.1.....	35
Tabulka 5.7: Náklady varianty č. 2.....	38
Tabulka 5.8: Celkové náklady varianty č.2	38
Tabulka 5.9: Vyhodnocení kladů a záporů varianty č.2.....	39
Tabulka 5.10: Náklady varianty č.3.....	44
Tabulka 5.11: Celkové náklady varianty č. 3	44
Tabulka 5.12: Vyhodnocení kladů a záporů varianty č.3.....	44
Tabulka 5.13: Náklady varianty č.4.....	48
Tabulka 5.14: Celkové náklady varianty č. 4	48
Tabulka 5.15: Vyhodnocení kladů a záporů varianty č.4.....	49
Tabulka 6.1: Stanovení kritérií	50
Tabulka 6.2: Hodnocení kritérií.....	50
Tabulka 6.3: Významnost kritérií	51
Tabulka 6.4: Hodnocení jednotlivých kritérií	51
Tabulka 6.5: Metoda porovnání párů v trojúhelníku	52
Tabulka 6.6: Metoda porovnání párů v trojúhelníku.....	52
Tabulka 6.7: Metoda porovnání párů v trojúhelníku	53
Tabulka 6.8: Metoda porovnání párů v trojúhelníku	53
Tabulka 6.9: Váha významnosti	55
Tabulka 6.10: Hodnocení variant č. 1	56
Tabulka 6.11: Hodnocení variant č. 2	56
Tabulka 6.12: Hodnocení variant č. 3	57
Tabulka 6.13: Hodnocení variant č. 4	57
Tabulka 6.14: Výsledky hodnotové analýzy	58
Tabulka 7.1: Náklady finální varianty	74
Tabulka 7.2: Dodatečné náklady finální varianty	74
Tabulka 7.3: Celkové náklady finální varianty	74

Seznam použitých grafů

Graf 6.1: Závislosti významnosti na počtu voleb.....	55
Graf 6.2: Grafické znázornění výsledků kritériální analýzy	58

Seznam příloh

Příloha A: Fotodokumentace flexibilních vaků	69
Příloha B: Datasheet průmyslového robotu FANUC M-710iC/50T	70
Příloha D: Datasheet spolupracujícího robotu FANUC CR-35la	72
Příloha F: Datasheet teleoprátor MT 80A	74

Seznam příloh na CD

Příloha C: Analýza rizik pro variantu č. 1
Příloha E: Analýza rizik pro variantu č. 2
Příloha G: Analýza rizik pro variantu č. 3
Příloha H: Analýza rizik pro variantu č. 4
Příloha I: Analýza rizik pro finální variantu
Příloha J: Katalog lineárních pojezdových systémů

Dále jsou na přiloženém CD nahrány soubory viz předcházející kapitola „Seznam příloh“ a také 3D model ve formátu STEP.

Seznam přiložených výkresů

Výkres č. 1 – Schéma pracoviště

Název výkresu:	SCHÉMA PRACOVIŠTĚ 6A
Číslo výkresu:	
Autor:	Ing. Žmija Zbyhněv
Společnost:	

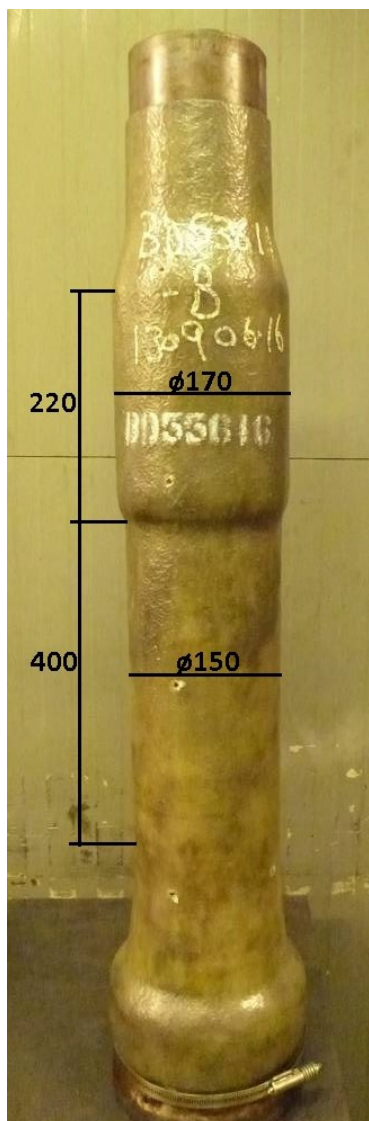
Výkres č. 2 – Schéma platformy

Název výkresu:	Stahlkonstruktion_vollst.
Číslo výkresu:	03-0036264-00
Autor:	Stoklasek
Společnost:	m-tec CZ, s.r.o.

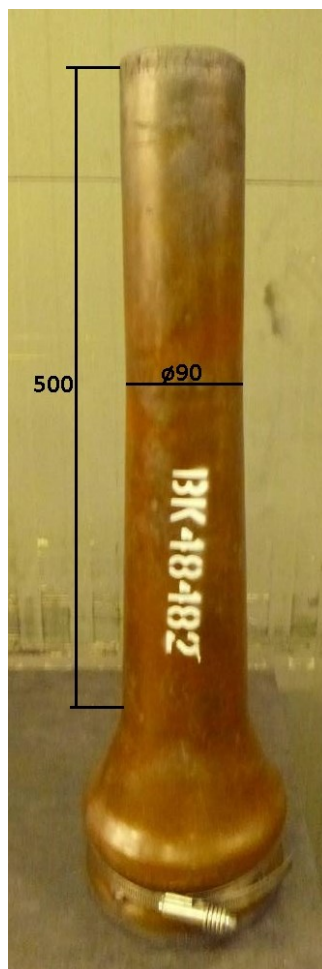
Výkres č. 3 – Schéma robotizovaného pracoviště

Název výkresu:	SCHÉMA ROBOTIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ
Číslo výkresu:	TIL0009-DP/01
Autor:	Bc. Till Jakub
Společnost:	

Příloha A: Fotodokumentace flexibilních vaků



Obrázek A.1: Vak typ č.1



Obrázek A.2: Vak typ č.2



Obrázek A.3: Vak typ č.3




Obrázek A.4: Vak typ č.4




Obrázek A.5: Vak typ č.5

Příloha B: Datasheet průmyslového robotu FANUC M-710iC/50T

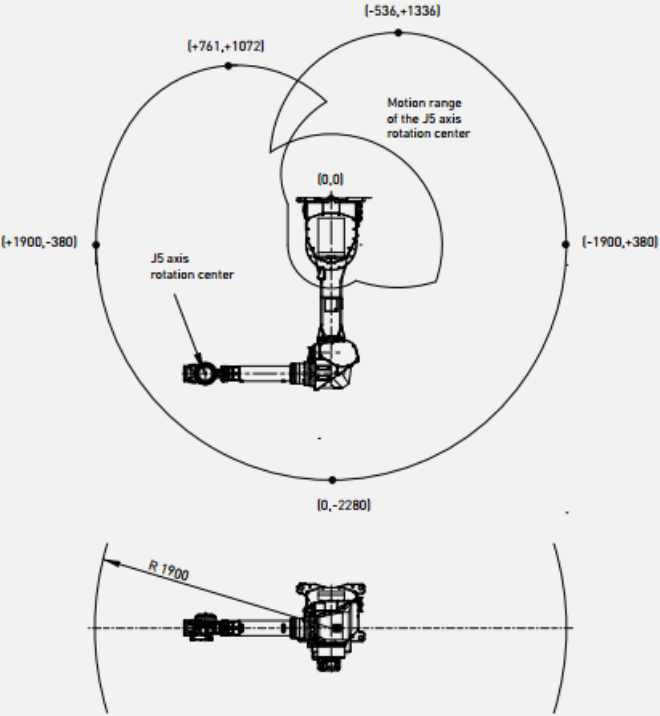
M-710iC/50T (Top mount)

Max. load capacity
at wrist: **50 kg**

Max. Reach:
1900 mm

Controlled axes	Repeatability (mm)	Mechanical weight (kg)	Motion range [°]						Maximum speed [°/s]						J4 Moment/ Inertia (Nm/kgm²)	J5 Moment/ Inertia (Nm/kgm²)	J6 Moment/ Inertia (Nm/kgm²)
			J1	J2	J3	J4	J5	J6	J1	J2	J3	J4	J5	J6			
6	± 0.07	410	*1)	261	491	720	250	720	*1)	175	175	250	250	355	206/28	206/28	127/11

Working Range



Robot

M-710iC/50T

Robot footprint [mm]	619 x 545
Mounting position Floor	•
Mounting position Upside down	•
Mounting position Angle	•
Controller	30iB
Open air cabinet	-
Mate cabinet	o
A-cabinet	•
B-cabinet	o
iPendant Touch	•
Electrical connections	
Voltage 50/60Hz 3phase [V]	380-575
Voltage 50/60Hz 1phase [V]	-
Average power consumption [kW]	2.5
Integrated services	
Integrated signals on upper arm In/Out	8/8
Integrated air supply	1
Environment	
Acoustic noise level [dB]	71.3
Ambient temperature [° C]	0-45
Protection	
Body standard/optional	IP54/IP67
Wrist & J3 arm standard/optional	IP67

*1) depending on rail specification

• standard o on request - not available [] with hardware and/or software option

MDS-00029-EN

97

97

Příloha D: Datasheet spolupracujícího robotu FANUC CR-35iA

FANUC CR-35iA

spolupracující robot

Robot nesmí ublížit člověku!

Tímto pravidlem se řídil **FANUC** při vývoji nového, zcela unikátního robota. Díky tomu vzniknul první **spolupracující robot** na světě, který posunuje spolupráci lidí s roboty na zcela novou úroveň. Jmenuje se **CR-35iA**!



FANUC CR-35iA je prvním spolupracujícím robotem, který uzvedne až 35 kg. Může proto manipulovat s těžkými předměty, které museli doposud zvedat lidé. Ti se pak mohou soustředit na jemnější a složitější práci. Tím, že robot pomůže pracovníkům s náročnějšími úkony, zvyšuje konkurenceschopnost Vašeho podnikání.

Spolupráce lidí s roboty získává novou dimenzi

Spolupracující robot **nepotřebuje žádné mechanické zábrany** a může bezpečně pracovat vedle člověka na výrobních linkách nebo s ním dokonce přímo spolupracovat. Je skvělým týmovým hráčem, který

dobře ví, že má kolem sebe lidi. Po dotyku člověka se poklidně zastaví. Pokud se k vám přiblíží a vy potřebujete více místa, můžete jej snadno odstrčit.

Nebezpečí úrazu omezuje kromě inteligentního systému zastavení také měkké pryžové obložení. Bezpečnost práce s roboty se s novým robotem posouvá na zcela novou úroveň. To potvrzuje také certifikát bezpečného provozu TUV ISO 10218-1, kategorie 3, který byl robotu udělen.

Spolupracující robot sleduje dění kolem sebe

Nejnovější přírůstek do rodiny **FANUC** může být vybaven různými funkcemi vidění. Kromě standardní průmyslové periferie je možné instalovat také snímače **3D Area Sensor**, které robotu umožňují například sbírat různé typy dílů a podávat je do rukou lidského pracovníka. I při takto úzké spolupráci robota s člověkem je zachována ta nejvyšší bezpečnost práce na pracovišti.

Zvládne různé úkoly a práci v mnoha odvětvích

Využití najde robot v různých odvětvích. Je určen k náročnému zvedání a polohování předmětů, díky čemuž zrychluje a zefektivňuje práci týmu. Může spolupracovat s lidmi na opakujících se úkonech v automobilovém průmyslu, při obrábění a distribuci kovů nebo při balení.

Naučte robota pracovat tak, jak potřebujete

Robot **CR-35iA** se obejde bez speciálního programování a používání složitých jazyků. Seznámení s ním je velice jednoduché a rychlé, robota můžete učit pracovat s pomocí standardních řešení **FANUC**.

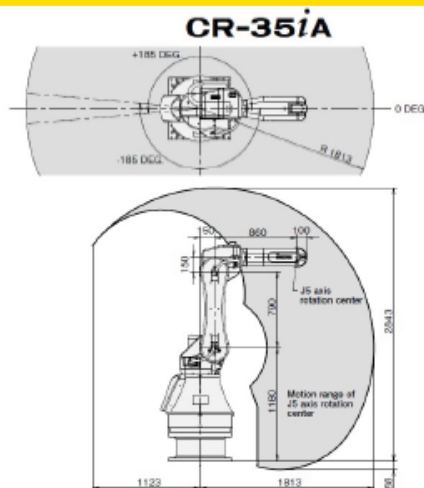
Welcome to the **yellow** world

FANUC Czech s.r.o. • U Pekařky 1A/484 • 180 00 Praha 8 - Libeň • CZECH REPUBLIC
Tel.: +420 234 072 900 • www.fanuc.cz



FANUC CR-35iA

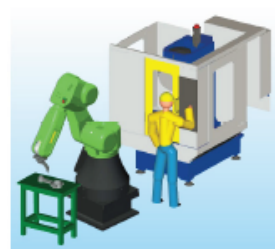
spolupracující robot



Application Example



Tire Loading to Automobile



Workpiece Loading to Machine

Model		CR-35iA	
Type		Articulated Type	
Controlled axes		6 axes (J1, J2, J3, J4, J5, J6)	
Reach		1813 mm	
Installation		Floor	
Motion range	J1 axis rotation	340° / 370°(Option)	5.93 rad / 6.46 rad(Option)
	J2 axis rotation	165°	2.88 rad
	J3 axis rotation	312°	5.45 rad
	J4 axis wrist rotation	400°	6.98 rad
	J5 axis wrist swing	220°	3.84 rad
	J6 axis wrist rotation	900°	15.71 rad
Max. load capacity at wrist		35 kg	
Max. load capacity on J3 casing		2 kg	
Maximum speed (Note 1)		250 mm/s(Max. 750 mm/s, Note 2)	
Allowable load moment at wrist	J4 axis	110 N·m	
	J5 axis	110 N·m	
	J6 axis	60 N·m	
Allowable load inertia at wrist	J4 axis	4.00 kg·m ²	
	J5 axis	4.00 kg·m ²	
	J6 axis	1.50 kg·m ²	
Drive method		Electric servo drive by AC servo motor	
Repeatability		±0.08 mm	
Mass (Note 3)		990 kg	
Installation environment		Ambient temperature	: 0 to 45°C
		Ambient humidity	: Normally 75 %RH or less (No dew nor frost allowed) Short term Max.95 %RH or less (within one month)
		Vibration acceleration	: 4.9 m/s ² (0.5G) or less

Note 1) v případě krátké vzdálenosti pohybu, nemusí rychlost osy dosáhnout maximální uvedené hodnoty

Note 2) v případě, že oblast je sledována bezpečnostním snímačem (umístěn samostatně).

Note 3) bez kontroleru

Welcome to the **yellow** world

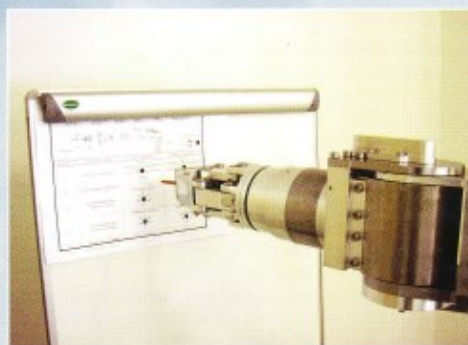
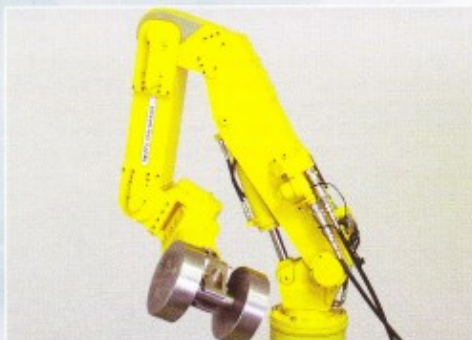
FANUC Czech s.r.o. • U Pekařky 1A/484 • 180 00 Praha 8 - Libeň • CZECH REPUBLIC
Tel.: +420 234 072 900 • www.fanuc.cz



Příloha F: Datasheet teleoprátor MT 80A



Manipulátor MT 80A



ZTS VVÚ KOŠICE a.s.

Južná trieda 95

041 24 Košice

SLOVAKIA

Tel.: +421-55-6834 216

Fax: +421-55-6257 613

Email: market@ztsvvuke.sk

www.ztsvvuke.sk



Tradícia vývoja a výroby hydraulických diaľkovo riadených manipulátorov začala v ZTS VVÚ KOŠICE, a.s. v roku 1986 nákupom licencie od firmy Lamberton Robotics a jej ďalším rozpracovaním.

Ťažiskom boli vždy aplikácie v náročnom zdraví škodlivom prostredí (prašnosť, vysoké teploty, rádioaktívne žiarenie a pod.)

Manipulátor MT 80A je už treťou generáciou vlastného vývoja v rámci ZTS VVÚ KOŠICE, a.s.

Bol riešený ako súčasť komplexného pracoviska VÚJE Trnava, a.s. pre dekontamináciu a fragmentáciu jadrového energetických zariadení podľa zadania Slovenských elektrární a.s. VYZ Jaslovské Bohunice o.z.

Technický popis manipulátora MT 80A

Jedná sa o kĺbový manipulátor so 6 stupňami voľnosti s hydraulickým pohonom. Základnými pohonnými jednotkami sú křídlové rotačné hydromotory umiestnené v jednotlivých kĺboch manipulátora. Týmto riešením je zabezpečený priamy náhon kĺbov bez prevodov. Pohon hlavného ramena a čelusti zabezpečujú lineárne hydromotory. Riadenie hydromotorov sa uskutočňuje prostredníctvom servoventilov, ktoré sú umiestnené v telese ramena.

Výnimočné znaky manipulátora:

- umiestnenie hydraulických rozvodov a prvkov vo vnútri ramien, čo vytvára odolnosť voči nepriaznivým vonkajším vplyvom a umožňuje jednoduchú dekontamináciu
- hybridné ovládanie v niekoľkých režimoch:
 - o ručné diaľkové (teleoperátorské) ovládanie pomocou joystickov alebo v systéme „master-slave“ cez ovládacie rameno
 - o robotické riadenie v systéme prvotného predvážania
 - o robotické riadenie s adaptívnym „in-time“ zorientovaním sa voči obecnej rovine alebo valcovej ploche spojené so štandardným programovaním



Vyhotovenie:

- na mobilnom podvozku
- na teleskopickom ramene
- stacionárne v ľubovoľnej polohe

Základné technické parametre:

- maximálny dosah manipulátora	1950 mm
- počet stupňov voľnosti	6
- maximálna zaťažiteľnosť	80 kg
- hmotnosť	230 kg
- pracovný tlak v hydraulickom systéme	16 MPa

Aplikácie:

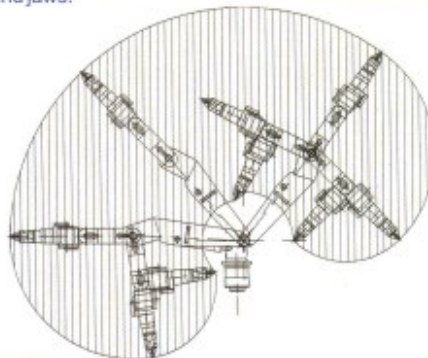
- manipulácia s bremenom
- technologické operácie s výmennými nástrojovými hlaviciami (rozbrusovačka, vŕtačka, dekontaminačná hlavica a pod.)

The tradition of development and manufacture of hydraulic remote controlled manipulators was started at ZTS VVÚ KOŠICE, a.s. in 1986 by the purchase of license from Lamberton Robotics and its sub-sequent further development. Development has always been focused on applications in heavy-duty conditions and demanding environment (dustiness, high temperatures, radioactivity, etc.).

The MT 80A manipulator represents already the third generation of in-house development at ZTS VVÚ KOŠICE a.s. It has been designed as part of a complex workplace of VÚJE Trnava, a.s. for the decontamination and fragmentation of nuclear power equipment in accordance with the requirements of Slovenské elektrárne a.s., o.z. VYZ Jaslovské Bohunice.

Technical Description of Manipulator MT 80A

MT 80A is an articulated manipulator with 6 degrees of freedom and hydraulic drive. The basic drive units are rotary actuators placed in particular elbows of manipulator. This solution secures direct drive of the arms motion without additional gears. The hydraulic cylinders are used only for drive of first arm and jaws.



Unique features:

- Hydraulic piping and elements are placed inside the booms, thus creating resistance to harmful surrounding environment effects and enabling simple decontamination
- Hybrid control in several regimes:
 - o Manual remote (teleoperatoric) control by means of joy-sticks or in „master-slave“ system via control arm
 - o Robotic control in primary teach-in system
 - o Robotic control with adaptive „in-time“ orientation in relation to general plane or cylindrical area, as well as standard programming

Options:

- On mobile chassis
- On telescopic boom
- Stationary in arbitrary position

Basic technical specification:

- Maximum reach	1950 mm
- Degrees of freedom	6
- Payload	80 kg
- Weight	230 kg
- Operating pressure in hydraulic system	16 MPa

Applications:

- Manipulation with loads
- Technological operations with exchangeable tooling (drill, grinder, decontamination head, etc.)

Poděkování

Velice rád bych tímto chtěl poděkovat mému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Zdeňku Konečnému, Ph.D. za odbornou pomoc, přínosné konzultace a přístup při vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Milanu Miholovi, Ph.D. za praktické rady a informace a Ing. Václavu Krysovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat kolegům ze zaměstnání za jejich rady. A závěrem děkuji své rodině, především mamce a kamarádům (FG) za tolerantní přístup, možnost studia na vysoké škole a podporu.